



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

**ZAŘÍZENÍ NA VYPLAVOVÁNÍ PODPŮRNÉHO
MATERIÁLU PRO 3D TISK**

EQUIPMENT FOR THE DISSOLUTION OF 3D PRINTED SUPPORT MATERIAL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Vodehnal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. David Paloušek, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	Michal Vodehnal
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. David Paloušek, Ph.D.
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Zařízení na vyplavování podpůrného materiálu pro 3D tisk

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V oblasti 3D tisku jsou využívány podpory pro stavbu přepisné geometrie nebo pro odvod tepla. V případě polymerních materiálů je podpor využíváno především jako opory. Některé materiály podpor lze rozpustit a tak šetrně odstranit z finálního dílu. Pro vyplavení podpor je potřeba specializovaného zařízení, které umožní bezpečně a kontrolovaně podpory eliminovat.

Typ práce: vývojová - konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Cílem projektu je návrh automatizovaného zařízení pro vyplavování a rozpouštění podpor používaných při 3D tisku na stroji Dimension SST 1200.

Dílní cíle bakalářské práce:

- rešerše,
- návrh konstrukčních variant řešení vyplavovací komory,
- návrh komponentů pro výhřev a oběh kapalného média,
- konstrukční řešení vybrané varianty.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkres sestavení, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Seznam doporučené literatury:

DRUMM, Brook, et al. Make: 3D printing projects. First edition. San Francisco: Maker Media, 2015, xvii, 263 stran : barevné fotografie. ISBN 978-1-4571-8724-7.

LIPSON, Hod a Melba KURMAN. Fabricated: the new world of 3D printing ; [the promise and peril of a machine that can make (almost) anything]. Indianapolis: Wiley, 2013, xiv, 302 s., [8] obr.přil. : il., ; 22 cm. ISBN 978-1-118-35063-8.

FRANCE, Anna Kaziunas. Make: 3D printing. 1st ed. Sebastopol: Maker Media, 2013, xv, 213 s. : barev. il. ISBN 978-1-4571-8293-8.

CHUA, Chee Kai a Kah Fai LEONG. 3D printing and additive manufacturing: principles and applications. 4th edition of Rapid prototyping. Singapore: World Scientific, 2015, xxviii, 518 stran : ilustrace, fotografie. ISBN 978-981-4571-40-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je návrh automatizovaného zařízení pro vyplavování a rozpouštění podpor používaných při 3D tisku na stroji Dimension SST 1200.

Práce obsahuje pojednání o současném stavu poznání, koncepční návrhy a konečný konstrukční návrh. Konečné řešení se skládá ze svařence rámu a z kupovaných součástí. Zařízení umožňuje rozpouštění podpor v roztoku hydroxidu sodného a následné finální omytí dílů ve vedlejší nádobě. Součástí jsou i ochranné elektronické prvky a systém držení koše na díly. Přiložena je i technická dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

vyplavování podpor, rozpouštění podpor, čistící stanice, 3D tisk, rozpustný materiál

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to produce a design of an automatic device that washes away and dissolves supports used by 3D printing machine Dimension SST 1200.

The thesis contains chapters on a current state of knowledge of the device, its conceptual designs as well as a final engineering design, which is made of weldment and bought components. The proposed device enables the dissolution of the supports in a sodium hydroxide solution and their final washing in a secondary tank. The design also has protective electronic elements and a system for holding a basket. Technical documentation of the device is included in the thesis.

KEY WORDS

support removal, dissolve support, cleaning station, 3D printing, soluble material

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VODEHNAL, M. *Zařízení na vyplavování podpůrného materiálu pro 3D tisk*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 66 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. David Paloušek, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval doc. Ing. Davidu Palouškovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce. Jsem vděčný za veškeré rady, připomínky a čas strávený při konzultacích.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Zařízení na vyplavování podpůrného materiálu pro 3D tisk* vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce doc. Ing. Davida Palouška, Ph.D. a v seznamu jsem uvedl všechny použité literární zdroje.

V Brně dne

.....
Michal Vodehnal

OBSAH

1 ÚVOD	12
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
2.1 Metody 3D tisku plastových prototypů	13
2.1.1 FDM	13
2.1.2 SLA	13
2.1.3 SLS	13
2.1.4 Polyjet	13
2.2 Podpory a jejich funkce při tisku plastových dílů	13
2.2.1 Podpory v FDM	14
2.2.2 Podpory v SLA	15
2.2.3 Podpory v SLS	15
2.2.4 Podpory v PolyJet	15
2.3 Proces vyplavování	16
2.3.1 Zařízení pro rozpouštění	17
2.3.2 Rozpustitelné materiály	17
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	18
3.1 Analýza problému	18
3.2 Cíl práce	18
3.3 Požadované parametry	18
4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	19
4.1 Stolní varianta	19
4.2 Komplexní stanice	19
4.4 Zvolená varianta	20
5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	21
5.1 Rám a vrchní deska stolu	22
5.2 Nádobý	23
5.3 Cirkulace kapaliny	25
5.4 Ohřev kapaliny	26
5.4.1 Výpočet doby ohřevu kapaliny	27
5.5 Koš na díly	27
5.5.1 Závěs koše	28
5.6 Přívod vody	29
5.7 Elektronika	30
5.7.1 Proudový chránič	31
5.7.2 Jističe	31
5.7.3 Plastová rozvodnice	32
5.7.4 Tlačítko nouzového zastavení	33
5.8 Finanční náklady	33
5.9 Experiment	34
6 DISKUZE	35
7 ZÁVĚR	36
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	41
10 SEZNAM OBRÁZKŮ	42
11 SEZNAM PŘÍLOH	43
12 PŘÍLOHY	44

1 ÚVOD

Výroba dílů pomocí 3D tisku je v dnešní době stále rozšířenější. Velké zastoupení má jak na poli průmyslovém, kde hraje velkou roli ve výrobě prototypů, tak i na poli amatérském, kde tisíce příznivců nadšeně tiskne na svých domácích tiskárnách.

Velká výhoda v komerčním použití je především v ceně prototypů. Oproti formám pro vstřikování plastů, kde se cena pohybuje od statisíců po několik milionů korun za kus, je 3D tisk mnohem výhodnější. V jedné tiskárně lze vyrobit díl, následně ho odzkoušet a popřípadě ho lze lehce upravit v modelu a vytisknout znova. Kdežto v případě forem se musí vložky upravit nebo dokonce vyrobit nové.

Další výhodou je i čas potřebný pro získání hotového prototypu. Vyrobení formy může zabrat několik dní či týdnů. U rapid prototypingu lze získat díl do několika hodin. Avšak v některých případech je časově náročný postprocessing. 3D tisk není určený pro velkovýrobu. Pro velké série je mnohem výhodnější lisování ve formách. Je to rychlejší a mnohem levnější.

Avšak ne všechny díly lze vytisknout lehce. Pokud jde o složitější tvary, dutiny, díry atd. je nutno použít podpory, tj. materiál, který nesouvisí s konečným tvarem dílu a je ho potřeba po dotisknutí odstranit.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem zařízení, které je schopno odstranit vyplavitelný podpurný materiál. Dojde k rozpuštění podpor v roztoku hydroxidu sodného za teploty kolem 65 °C. Lázní je potřeba hýbat, aby se rovnoměrně zahřívala a nedocházelo k usazování hydroxidu na dně nádoby.

Toto zařízení bude levnější varianta profesionálních čistících stanic, které jsou mnohdy nepraktické z důvodu nepřítomnosti oplachovací nádoby a vysoké pořizovací ceny.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2

2.1 Metody 3D tisku plastových prototypů

2.1

Existuje vícero metod umožňujících tisk plastových dílů, ale většina z nich staví na jednoduchém principu, kdy je nanесena jedna vrstva materiálu, podložka klesne o vzdálenost odpovídající tloušťce vrstvy a proces se opakuje. Pohyb všech motorků je řízen pomocí softwaru.

2.1.1 FDM

2.1.1

FDM (Fused Deposition Modeling) technologie je jednou z nejrozšířenějších metod tisku. Materiál přichází do tavící trysky ve formě plastové struny, kde je roztaven a poté nanášen ve vrstvách na podložku. Jakmile materiál opustí trysku, chladne a tvrdne. Trysky mohou být až dvě, kdy jedna tiskne základní materiál a druhá může tisknout jinou barvou nebo rozpustitelné podpory. Materiály používané pro tisk jsou například ABS, PLA, PET nebo HIPS. [1] Princip technologie v příloze 1a.

2.1.2 SLA

2.1.2

Stereolitografie (zkráceně SLA) metoda funguje na principu vytvrzování světlocitlivých fotopolymérů (pryskyřice) pomocí UV záření. Děje se tak pomocí laseru, který je usměrňován pomocí optické soustavy. Paprsek ozařuje tekutou pryskyřici, která tvrdne (dochází k polymeraci) a vytvoří pevný materiál. Následně podložka klesne, čímž dojde k opětovnému zaplavení dílu. [3] Princip technologie v příloze 1b.

2.1.3 SLS

2.1.3

SLS (Selective Laser Sintering) je technologie velice podobná SLA. Místo tekuté pryskyřice je používán prášek, který je pomocí laseru spékán dohromady. Po vytvoření vrstvy podložka klesne a ze zásobníku je válečkem nanесena další vrstva prášku. Používané materiály jsou termoplasty jako například nylon, polyamid a polystyren. [5] Výhodou SLS technologie jsou izotropní vlastnosti vytisknutého materiálu. Princip technologie v příloze 1c.

2.1.4 Polyjet

2.1.4

Polyjet technologie spočívá v nastřikování fotopolymerního materiálu ve vrstvách tenkých až 16 μm . Každá vrstva je ihned vytvrzena UV zářením, čímž materiál získá lepší vlastnosti. Lze tisknout i kompozitní materiály, jelikož hlava dokáže tryskat více materiály najednou. [7] Princip technologie v příloze 1d.

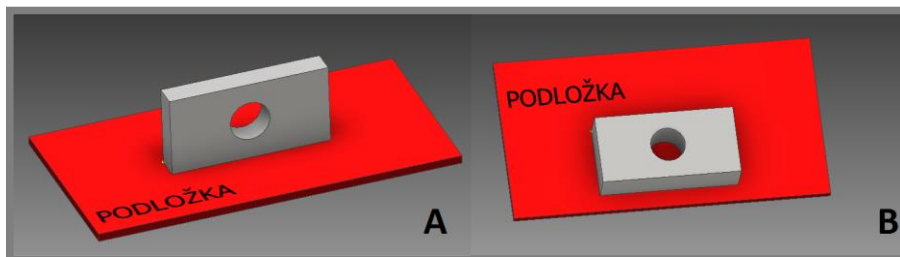
2.2 Podpory a jejich funkce při tisku plastových dílů

2.2

Při tisku složitějších dílů je potřeba aplikovat podpory, které umožňují tisk klenutých, dutých či jinak vyvýšených tvarů. Materiál je pokládán vrstvu po vrstvě, a pokud by se nezajistilo podepření předchozí vrstvou, došlo by vlivem gravitace k prohnutí

materiálu. Vždy záleží na metodě tisku a požadavcích na kvalitu vytisknutého dílu. Generování podpor probíhá automaticky pomocí softwaru a mohou být ještě upraveny uživatelem. Některé technologie tisku podpory nepotřebují, jelikož například prášek zastupuje jak funkci stavební, tak funkci podpěrnou.

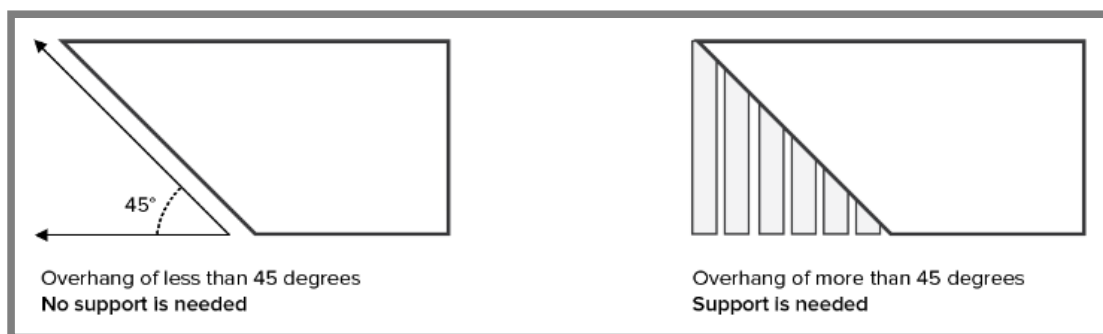
Někdy stačí pouze upravit polohu dílu na podložce tak, aby nebylo nutné podpory využít. Na obr. 2-1 v případě A je potřeba využít podporu pro vytvoření díry, ale v případě B, kdy došlo jen k natočení dílu na podložce, není podepření potřeba.



Obr. 2-1 Poloha dílu vzhledem k využití podpor

2.2.1 Podpory v FDM

Obecně platí, že podpor je třeba využít v případě, že je sklon od svislé osy větší než 45° (viz obr. 2-2). Vrstvy jsou totiž kladeny přímo na sebe a každé vlákno nového materiálu může být částečně podepřeno předchozí vrstvou. Pokud je však úhel moc velký, vlákno se řádně nepřichytne a může dojít k prověšení a znehodnocení dílu. [9] Záleží také ale na parametrech tisku, tloušťce vrstev a softwaru generujícím podpory.



Obr. 2-2 FDM podpory [10]

Podepření materiálu je u FDM tisku možné dvěma způsoby. V případě jedné trysky je nutno použít stejný materiál, kterým je tisknut díl. Tyto podpory jsou tisknuty v menších tloušťkách a po vytisknutí je potřeba tento materiál vylomit. Následně je nutno dočistit zbytky neulomených podpor. To se dá provést buď mechanicky – upilováním, nebo chemicky – acetonem, který zbytek podpor rozpustí. Problémem u vylamovacích podpor je především náročnost jejich odstranění. Uživatel je nucen materiál pracně lámat, stříhat, brousit atd. To se podepisuje na vzhledu dílu i na kvalitě povrchu.

Další možnost nastává v případě dvoutryskové hlavy. Jedna tryska tiskne základní materiál a druhá materiál rozpustitelný, kterým vytvoří podpory. Ty jsou pak rozpuštěny v lázni. Materiál je odstraněn i z míst, odkud by vylamovací podporu nebylo možno manuálně dostat. [11]

Obecně se používají dva druhy podpor znázorněné na obr. 2-3: accordion support (harmoniková podpora) a tree support (stromová podpora). Záleží však na generujícím softwaru, který druh bude využívat. První zmíněná je vhodná pro FDM tisk a je nejvíce používaná. Avšak tree support má menší styk s dílem, což zlepšuje stav povrchu a ulehčuje postprocessing. [9]



Obr. 2-3 Druhy podpor (vlevo accordion, a vpravo tree) [22]

2.2.2 Podpory v SLA

2.2.2

U tisku technologií SLA jsou podpory používány skoro ve všech případech. Jejich umístění a počet jsou určeny softwarem. Pokud je z nějakého důvodu jejich aplikace nevhodná, je třeba dodržet tvar a velikost převisů. Délka by neměla přesáhnout 1 mm a úhel od horizontální roviny by měl být větší než 19°. Jinak může dojít k deformaci dílu. [12] [9]

Podpory jsou slabé tyčinky s minimálním kontaktem mezi špičkou a dílem. Tyto proporce snižují spotřebu materiálu a usnadňují následné očištění. Podpurné struktury jsou po vytisknutí buď vylomeny, nebo odstříhány kleštěmi. [9]

2.2.3 Podpory v SLS

2.2.3

U této technologie jsou podpory tvořeny samotným stavebním práškem. Ten, pokud není laserem spečen, obklopuje vytisknutý materiál a další vrstva je tak podepřena. Proto k tisku podpor jako takových nedochází a není potřeba díl po vytisknutí nijak upravovat. Avšak je vyžadováno dostatečné vychladnutí dílu předtím, než je vyndán z prášku. Při brzkém vyjmutí se díl může vlivem teplotního šoku zkroutit nebo prasknout. [9]

2.2.4 Podpory v PolyJet

2.2.4

Podobně jako v předchozích technologiích je i zde nutno využít podpory tam, kde se nachází díra nebo převis. Software rozhodne, zda je nutné jejich použití a navolí jejich nejlepší umístění. Aplikují se rozpustitelné materiály, a proto po vyplavení nezůstávají na dílu stopy po podporách. [9]

2.3 Proces vyplavování

Použití podpor z vyplavitelných materiálů má velkou výhodu v jednoduchosti očištění. Díl je vložen do lázně, kde dojde k automatickému očištění a uživatel tak není nucen podpory odstraňovat manuálně. Vyplavením také lze odstranit podpory, které by jinak byly nedostupné (např. ve vnitřních dutinách s minimálním přístupovým otvorem).

K rozpuštění dochází ve vodě smíchané s rozpouštědlem obsahujícím hydroxid sodný (např. P400SC WaterWorks od firmy Stratasys). Hydroxid zvyšuje pH roztoku, přičemž platí, že čím větší pH, tím lépe se materiál rozpouští. Doporučená hodnota je 11–13 pH. Účinek zlepšuje také vysoká teplota, která by se měla pohybovat v rozmezí 60–70 °C. Záleží na typu plastu, jelikož po překročení určité teploty se plasty deformují. [13] Doba vyplavení záleží na velikosti dílu, teplotě a pH, může se tak pohybovat v rozmezí 30–120 min. [18]

2.3.1 Zařízení pro rozpouštění

K vyplavení se používají speciální čistící stanice, kde probíhá celý proces. Nádoba je naplněna rozpouštěcí kapalinou, která je ohřívána. Díly jsou vloženy v nerezovém drátěném koši a ten je ponořen v lázni. Tato zařízení lze rozdělit do dvou skupin.

2.3.1.1 Cirkulační tanky

Dochází zde k ohřevu kapaliny a její následné rozhánění po nádobě pomocí čerpadla. Pohyb kapaliny v nádobě je důležitý pro rovnoměrný ohřev, ale také pro rychlejší rozpouštění podpor. Ty se totiž působením proudící vody rychleji rozpustí. Přístroj sám reguluje teplotu, kterou je nutno předem nastavit. [14]



Obr. 2-4 Čistící cirkulační stanice SCA 1200HT [15]

2.3.1.2 Ultrazvukové tanky

Na rozdíl od cirkulačních tanků zde nedochází k omílání proudící vodou, ale k působení ultrazvukových vln, které se šíří kapalinou a naráží do podpor, které se poté lépe rozpouštějí. Vlny mají vysokou frekvenci. Jsou vytvářeny pomocí měničů a elektrických generátorů ultrazvukových vln. [16]

V kapalině dochází v důsledku změny tlaku ke kavitaci, kdy dojde k implozi molekul a tím se uvolní velká energie, která mechanicky odstraňuje podpory. Díky přítomnosti zvukových vln jsou tato zařízení hlučnější než cirkulační tanky. [16]



Obr. 2-5 Čistící ultrazvuková stanice Omegasonics 1420BTD [17]

2.3.2 Rozpuštělné materiály

2.3.2

Pro tisknutí vyplavitelných podpor existuje mnoho materiálů. Mezi nejpoužívanější patří HIPS, PVA a PLA.

2.3.2.1 HIPS

Materiál HIPS (High Impact Polystyren) je modifikovaný polystyren s přidaným kaučukem. Při tisku se používá jako podpůrný materiál a kombinuje se se stavebním materiálem ABS, se kterým má podobné vlastnosti. Podpory z tohoto materiálu se rozpouštějí v Limonenu (např. rozpouštědlo Lemonesol). [19]

2.3.2.2 PVA

Polyvinylalkohol (PVA) je polymer rozpustný ve vodě. Je netoxický a biologicky odbouratelný. Při 3D tisku se používá ve spojení s materiálem PLA na dvoutryskových tiskárnách. [20]

2.3.2.3 PLA

PLA (polylactic acid) je materiál, který se vyrábí z kukuřičného nebo z bramborového škrobu. Používá se buď jako stavební materiál nebo jako materiál podpůrný, který se pak rozpustí v hydroxidu sodném. [21]

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Při konstrukci zařízení pro vyplavování podpor je třeba vyřešit především ohřev a pohyb kapaliny v nádobě. Ohřev je důležitý z hlediska účinnosti rozpouštění, jelikož čím teplejší je kapalina, tím rychleji se podpurný materiál vyplaví. Avšak musí se dbát i na regulaci teploty, protože pokud teplota vystoupá přes 75 °C hrozí zkroucení dílů. Cirkulace je důležitá pro rovnoměrný ohřev, homogenizaci lázně a přispívá také k vyplavení podpor. Díly se nesmí přiblížit k hladině nebo k topnému tělesu, jinak hrozí zkroucení dílů vlivem teplotních rozdílů v materiálu. Jelikož se pracuje s kapalinou v blízkosti elektřiny, je třeba zohlednit bezpečnostní rizika a uzpůsobit tomu konstrukci zařízení.

Z analýzy vyplývá, že zařízení bude obsahovat komponenty, které budou provádět ohřev kapaliny a následnou cirkulaci, a také součásti, které zabrání dílům ve volném pohybu po nádobě. Veškerá elektronika bude chráněna před kontaktem s vodou a zajištěna tak bezpečnost obsluhy.

3.2 Cíl práce

Primárním cílem bakalářské práce je navrhnout automatizované zařízení, které bude schopno vyplavit podpurný materiál z plastových dílů vytisknutých na 3D tiskárně Dimension SST 1200. Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- rešerše,
- návrh konstrukčních variant řešení vyplavovací komory,
- návrh komponentů pro výhřev a oběh kapalného média,
- konstrukční řešení vybrané varianty.

3.3 Požadované parametry

Vyplavovací prostor bude veliký minimálně 250 × 250 × 300 mm.

Proces bude probíhat v roztoku hydroxidu sodného s vodou.

Celková cena materiálu a nakoupených dílů nepřesáhne 3000 euro (cca 81000 Kč).

4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

4

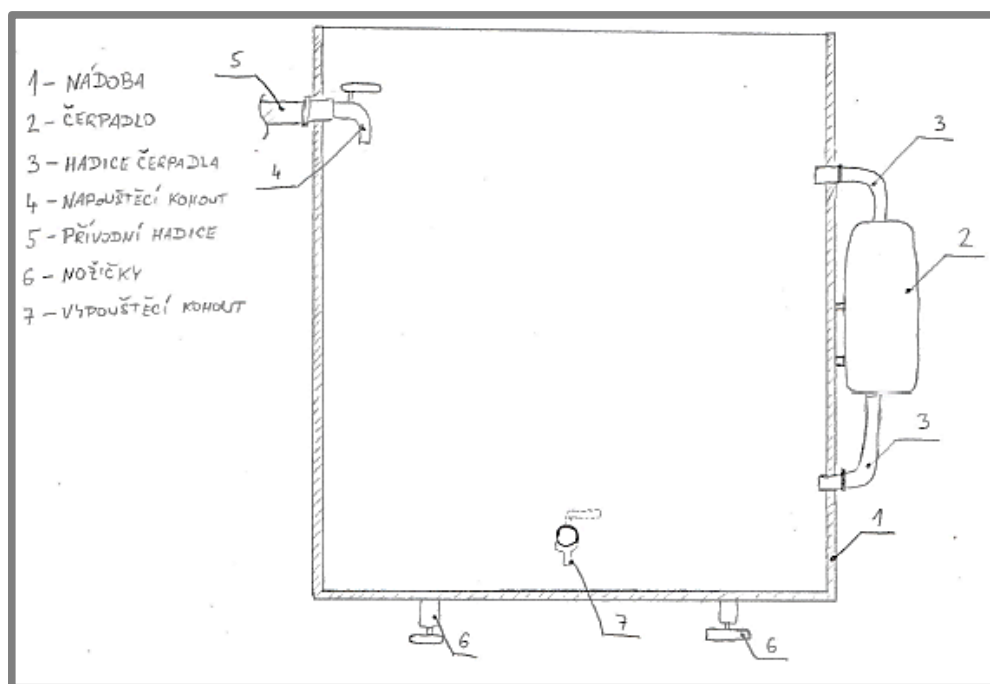
4.1 Stolní varianta

4.1

První variantou je menší zařízení kvádrového tvaru, které se skládá pouze z jedné nádoby, kde probíhá celý proces. Výhodou je tedy jeho kompaktnost a možnost ho lehce přenášet z místa na místo. Celé je sestaveno z nerezové oceli, popřípadě z plastů, aby vlivem korozního prostředí nedošlo k rezavění.

Cirkulace i ohřev kapaliny probíhá prostřednictvím čerpadla do myčky, jehož součástí je i topné těleso. Díly jsou tak chráněny před přímým kontaktem s topným tělesem a mohou proto volně plavat v nádobě a nedojde k jejich pokroucení. Pro tepelnou izolaci kapaliny od okolního prostředí disponuje nádoba také poklicí. Napouštění probíhá hadicí připojenou k ventilu, který je zasazený do boční stěny zařízení. Vypouštění pak probíhá spodním ventilem, ke kterému lze připojit hadici nebo stáčet kapalinu do kbelíku.

Jelikož je zařízení malých rozměrů a nemá vedlejší nádobu pro dočištění dílů, je nutné tyto díly čistit na jiném místě (dřez, umyvadlo atd.). S tím přichází největší nevýhoda této varianty. Tou je nutnost přemísťovat díly po vyplavení ještě na jiná pracoviště, kde dojde ke konečnému dočištění od zbytků podpor.



Obr. 4-1 Stolní varianta

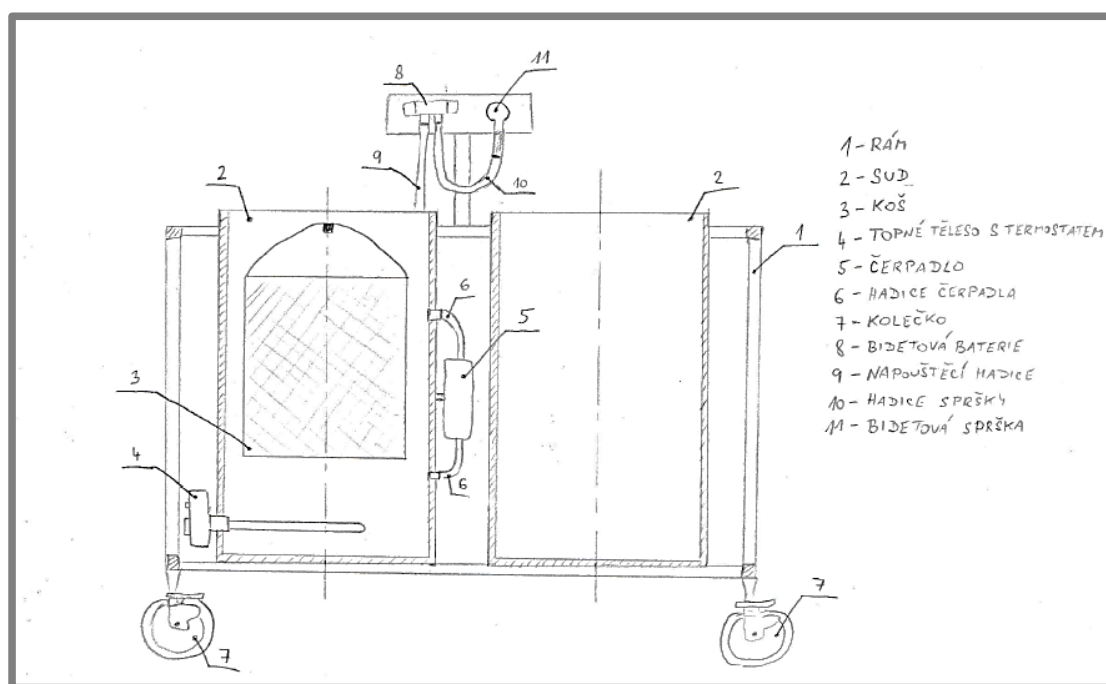
4.2 Komplexní stanice

4.2

Druhou možností je zařízení, které disponuje kromě nádoby na vyplavování také nádobou na oplach a očištění dílů. Velká výhoda je tedy v tom, že celý proces lze udělat na jednom místě a není třeba dalšího pracoviště. Nádoby jsou válcovitého tvaru, aby v nich kapalina dobře cirkulovala a docházelo tak k rovnoměrnému ohřevu. Ten

je zprostředkován topným tělesem s vlastním termostatem, na kterém se dá nastavit požadovaná teplota. Pohyb kapaliny zajišťuje čerpadlo pro teplou užitkovou vodu. Jelikož je topné těleso odhalené a hrozí, že se k němu díly mohou přiblížit, je zde také nerezový koš s víkem, který brání dílům v pohybu po nádobě.

Obě nádoby a vrchní deska stolu jsou z nerezového plechu, kdežto rám je z ocelových profilů, protože už do kontaktu s kapalinou nepříjde. Zařízení obsahuje bidetovou baterii, ke které přichází voda hadicí. Baterie má dva vývody. Jedním se napouštějí nádoby vodou a na druhý je napojena bidetová sprška sloužící k dočištění dílů v koši. Sudy se vypouští kohouty, na které lze připojit hadici a stáčet kapalinu do odpadu nebo do kbelíku. Zařízení je větších rozměrů, a proto disponuje kolečky, díky kterým je schopno dobré manipulace po pracovišti. Kolečka jsou určena pro tvrdé povrchy a vybavena brzdou.



Obr. 4-2 Komplexní stanice

4.4 Zvolená varianta

Jako konečné řešení pro návrh vyplavovacího zařízení byla zvolena varianta komplexní čistící stanice. Její výhoda spočívá v tom, že všechny operace spojené s očištěním dílu od podpor lze provést na jednom zařízení. Není tak třeba používat jiná pracoviště. Konstrukce je sice větších rozměrů, ale díky kolečkům ji lze snadno přemísťovat po pracovišti.

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

5

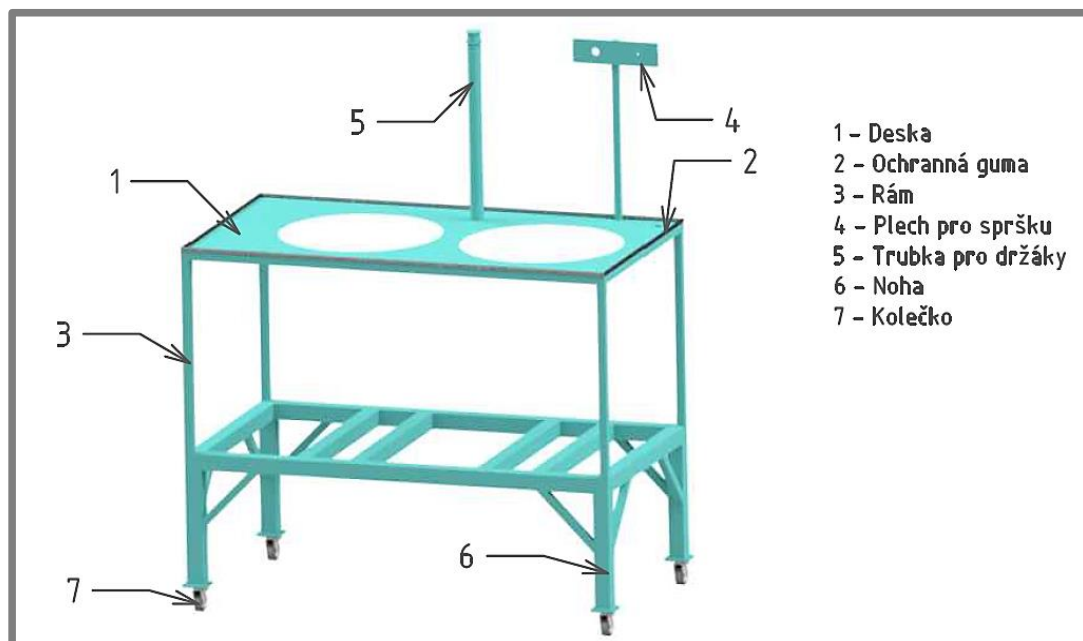
Konečné konstrukční řešení (obr. 5-1 a příloha 2) se skládá z několika podsestav – rám a vrchní deska, nádoby, aparát pro cirkulaci kapaliny, zařízení pro ohřev kapaliny, koš na díly a jeho zavěšení, přívod vody a elektronika.

Zařízení je koncipováno tak, aby byly minimalizovány finance potřebné pro jeho sestavení. Většinu dílů je tedy možno koupit již hotových a pro použití jsou nutné jen malé nebo žádné úpravy.



Obr. 5-1 Konečné konstrukční řešení

5.1 Rám a vrchní deska stolu



Obr. 5-2 Rám a vrchní deska stolu

Konstrukce stolu (obr. 5-2) je navržena jako svařenec ze standartních profilů a plechů. Vrchní deska stolu o rozměrech (1100 × 600 × 3) mm je vyrobena z nerezového plechu jakosti 17 240, aby nedocházelo ke korozi vlivem vlhkého a zásaditého prostředí. Do desky jsou vyříznuty dvě díry o průměru 408 mm. Do nich budou vloženy sudy a mezera mezi nimi a deskou bude utěsněna izolačním tmelem, aby vylitá kapalina na desce neprotékala pod stůl.

Okraje plechu jsou ohnuty směrem nahoru a v rozích svařeny tak, aby při vylití kapaliny na desku nedocházelo k jejímu odtékání přes hranu plechu na zem. Na ohnuté okraje je nasunuta ochranná guma od firmy Pireli [23], která skrývá ostré hrany a chrání tak uživatele před zraněním. Celková výška ohnutého plechu i s gumou je 11 mm.

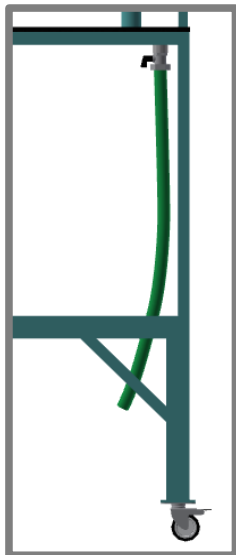
Pro odtok kapaliny z desky stolu je v rohu vyříznuta díra, ke které je natupo navařen nátrubek G 1/2" [25] a do něj zamontován kulový kohout [25] s odtokovou hadicí, se kterou je možno kapalinu slévat do kbelíku (viz obr. 5-4).

Rám stolu je svařen z ocelových čtvercových profilů o velikosti (40 × 40) mm a (20 × 20) mm. Neměl by přijít do styku s kapalinou, a proto je použita konstrukční ocel S235JR (11 375), která je levnější než ocel nerezová. Ve spodní části rámu se nacházejí profily, na které budou umístěny nádoby pro vyplavování a dočištění dílů. V horní části rámu je přivařen nerezový profil s plechem, do kterého bude umístěna bidetová baterie a držák pro spršku. Na desce je přivařena nerezová trubka, na kterou budou nasazeny držáky na koš. Na nohách rámu jsou namontována kolečka, která usnadňují manipulaci se zařízením.

Byla zvolena přístrojová kolečka od firmy Tente [26], jež jsou určena pro tvrdé povrchy, jelikož mají tvrdost běhounu A 87 Shore. Jejich dynamická nosnost je 50 kg a statická 100 kg. Za předpokladu, že jsou použita 4 kola a celková maximální hmotnost kapaliny v obou sudech je 110 kg, je tato nosnost i s přihlédnutím

k hmotnosti celé konstrukce dostačující. Kolečka disponují také brzdou, takže je možno zamezit nechtěnému pohybu zařízení. (technický list v příloze 3)

Celková výška stolu i s kolečky (od podlahy po desku) je 900 mm. Tato výška by měla být ergonomicky vhodná pro práci. [28]



Obr. 5-4 Hadice pro odtok



Obr. 5-3 Kolečka od firmy Tente [29]

5.2 Nádoby

5.2

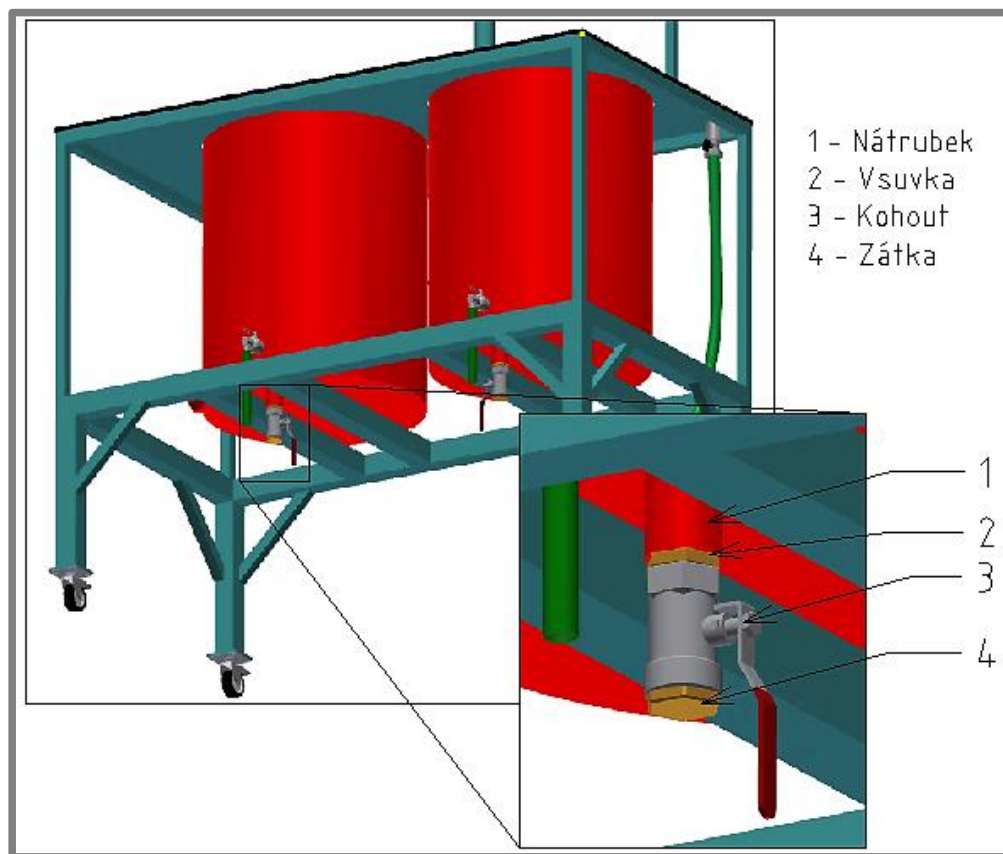


Obr. 5-5 Sudy

Jako nádrže pro vyplavení a dočištění dílů byly zvoleny sudy typu AIR 55 l Spuchlak [30] o objemu 55 l, průměru 405 mm, výšce 545 mm a s tloušťkou stěny 0,8 mm (obr. 5-5). Jedná se o nerezové válcové sudy na víno, ke kterým je dokoupeno protiprašné víko [31], a které disponují jedním kohoutem pro vypuštění.

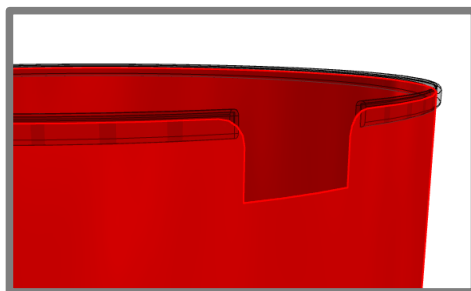
Při připojení kratší hadice k tomuto kohoutu lze vypouštět kapalinu do kbelíku a následně ji vylévat do umyvadla. Při vypouštění většího objemu je vhodnější použít hadici delší, kterou je možno vypustit obsah sudu do odpadu podobně jako myčku či pračku.

Avšak kohout je několik centimetrů nad úrovní dna a nedojte tak k vypuštění veškeré kapaliny. Navíc má kohout malý průměr a větší kusy nerozpuštěného materiálu, které se mohou v kapalině objevit, jím neprojdou. Z těchto důvodů je na dně nádob přivařen natupo nátrubek [25] s přimontovanou vsuvkou [32] a kulovým kohoutem G 3/4" [33], který má tedy větší vnitřní průměr a projdou jím i větší zbytky plastu, což usnadňuje jak vypouštění, tak i celkové čištění nádob. Kohout je pojištěn zátkou [34], aby nedošlo neopatrnou manipulací k jeho otevření a následnému vytečení kapaliny. (viz obr. 5-6)



Obr. 5-6 Výpust sudu

Do hloubky 30 mm od vrchního okraje je do sudů vystřižen výřez (obr. 5-7) o šířce 60 mm. Do něj bude zapadat spodní držák koše ve sklopeném stavu. Na zbytek okrajů obou sudů je nasazena opět ochranná guma [23], aby při práci nedošlo k poranění obsluhy.

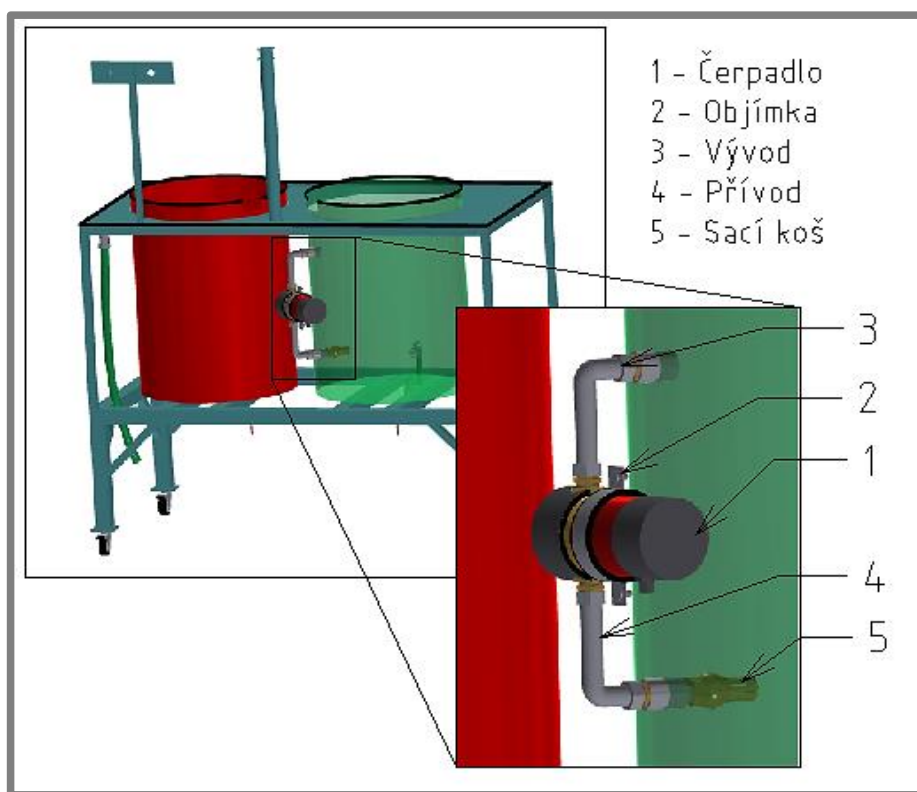


Obr. 5-7 Výřez v sudu a ochranná guma

Nádoba určená pro vyplavování má navíc vyříznuty otvory pro vstup a výstup čerpadla a otvor pro topné těleso. K těmto otvorům jsou navařeny patřičné nátrubky (viz kapitola 5.3 a 5.4). Pro omezení tepelných ztrát je celý sud obalen izolačním pásem [35]. Hliníková folie na obou stranách pásu zajišťuje, že teplo nebude z nádoby unikat a zároveň kapalina nebude ochlazována vnějším prostředím.

5.3 Cirkulace kapaliny

5.3



Obr. 5-8 Čerpadlo

Pro cirkulaci kapaliny bylo zvoleno čerpadlo pro teplou užitkovou vodu (TUV) od firmy Grundfos, model Comfort 15-14 PM. [36] Vyradí vysoké teploty až do 95 °C a pro nejvyšší otáčkový stupeň má příkon 25 W. Disponuje dopravní výškou 1,2 m, a jelikož výška hladiny bude maximálně 545 mm, je tato hodnota dostačující. Technický list v příloze 8.

Čerpadlo je kompaktních rozměrů, a proto je připevněno pouze pomocí objímky [37], jejíž šroub je navařen na sud. Objímka drží čerpadlo ve výšce 260 mm od dna nádoby. Pro přívod a vývod čerpadla byly zvoleny nerezové vlnovcové trubky G 1/2" [38]. Není potřeba svářet, pouze se ohnou do požadovaného tvaru a připojí se pomocí matic. Jsou také pevné, takže se vlivem vibrací nebo tlaku čerpadla nezkroutí a neprohnu. Tyto trubky jsou napojeny přes vsuvky [32] na nátrubky [25] přivařené v sudu.

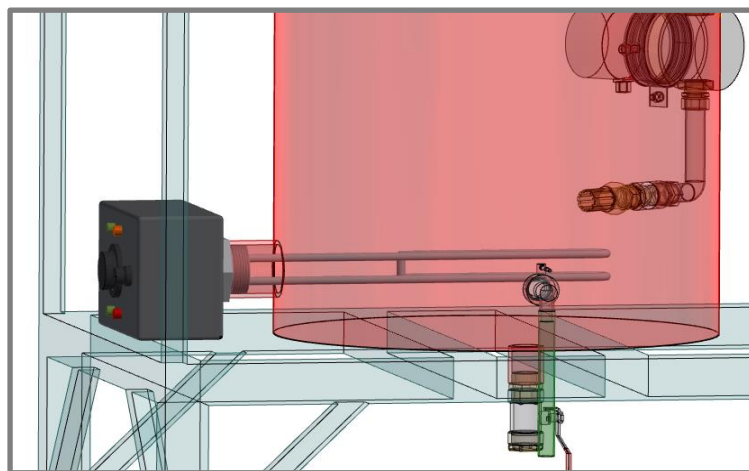
Přívod je situován v úrovni topného tělesa, aby čerpadlo bralo ohřívanou kapalinu, rozvádělo ji po nádobě a nedocházelo tak k lokálnímu přehřívání. Aby bylo čerpadlo chráněno před kusy nerozpuštěného materiálu, které se mohou v kapalině vyskytnout a poškodit tak lopatky čerpadla, je na nátrubek přívodu namontován mosazný sací koš. [39] (příloha 9)

Vývod hadice čerpadla je namířen tak, aby vycházející proud mířil do koše, ve kterém jsou umístěny díly, a docházelo tak k lepšímu rozpouštění podpor. Tím, že je vývod umístěn výš než přívod, dochází k proudění kapaliny v nádobě a je tím zajištěn rovnoměrný ohřev. Nestane se tedy to, že by vlivem velkých teplotních diferencí došlo k deformaci dílů.

5.4 Ohřev kapaliny

Pro ohřev kapaliny byla vybrána varianta elektrického topného tělesa s vlastním termostatem s regulací teploty. Odpadá tak nutnost připojovat další zařízení jako je externí termostat, čidlo teploty atd. Konkrétně byl vybrán model EET-D-2.0 od firmy Regulus. [40] Topné těleso má výkon 2 kW a jednofázové elektrické připojení. Délka topného konce je 315 mm (viz příloha 4 – technický list). Jak je vidět na obr. 5-9, těleso je přimontováno do nátrubku se závitem G 6/4" [25], který je navařen na sudu pro vyplavování.

Termostat lze nastavit v rozsahu $(0 \pm 5) ^\circ\text{C}$ do $(90 \pm 3) ^\circ\text{C}$. Z výroby je maximální teplota nastavena na $60 ^\circ\text{C}$, ale stačí, jak je psáno v návodu (viz příloha 5), ze spodní části knoflíku odstranit omezovací pružinku. Poté je možno nastavit i teploty vyšší. Spínací difference $(5 \pm 1) ^\circ\text{C}$ je dostačující a nebude tak docházet k velkým teplotním rozdílům. (viz příloha 6)



Obr. 5-9 Topné těleso

5.4.1 Výpočet doby ohřevu kapaliny

Při výpočtu je uvažována jako kapalina voda. Ve skutečnosti kapalinou bude roztok hydroxidu sodného ve vodě, avšak rozdíly ve vlastnostech nebudou příliš velké. Ohřev je uvažován pro počáteční teplotu vody 20 °C a konečnou 65 °C. Neuvažují se tepelné ztráty, proto bude reálný čas ohřátí delší.

$P = 2 \text{ kW}$	...	výkon topného tělesa
$t_0 = 20 \text{ °C} = 293,15 \text{ K}$	...	počáteční teplota vody
$t_k = 65 \text{ °C} = 338,15 \text{ K}$	...	konečná teplota vody
$c_v = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	...	měrná tepelná kapacita vody [43]
$m = 55 \text{ kg}$	...	hmotnost vody

Teplo potřebné pro ohřátí: [44]

$$Q = mc_v(t_k - t_0) = 55 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (338,15 \text{ K} - 293,15 \text{ K}) \quad (1)$$

$$Q = 10,346 \text{ MJ}$$

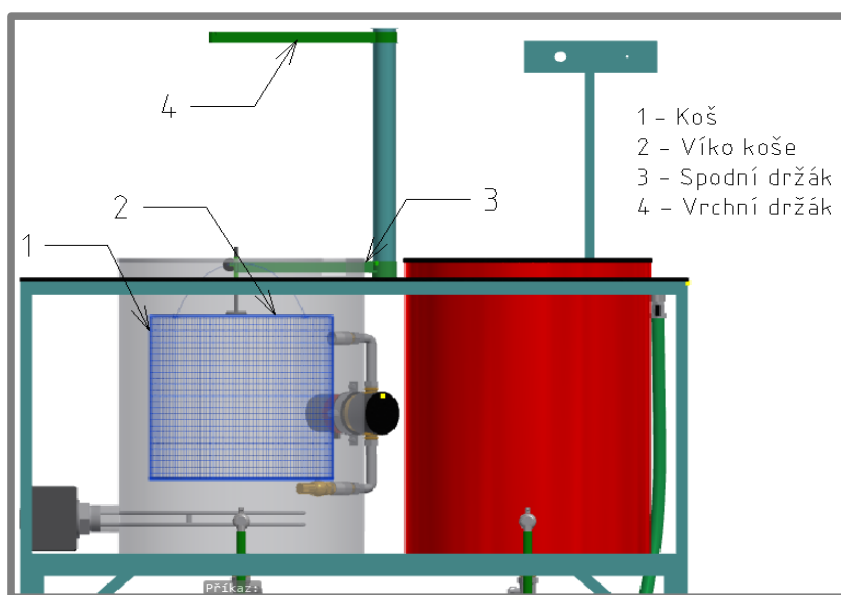
Čas ohřátí: [44]

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{10,346 \text{ MJ}}{2000 \text{ W}} \quad (2)$$

$$\tau = 5\,172,75 \text{ s} = 86,2 \text{ min}$$

5.5 Koš na díly

Aby se díly volně nepohybovaly po nádobě, je potřeba je umístit do speciálního koše. Byl vybrán nerezový válcovitý koš [45] o průměru 300 mm a výšce 300 mm. Parametry tedy splňují minimální rozměr daný v zadání. Koš má také ucho, za které se dá pověsit. Jelikož se může stát, že by díly vyplavaly na hladinu, což může zapříčinit jejich zkroucení, je třeba umístit na koš také víko, které jim v tom bude bránit. Koš samotný víkem nedisponuje, a proto bylo vybráno víko ve formě drátěného grilovacího roštu [46]. Zajištění víka na koši je popsáno v kapitole 5.5.1.

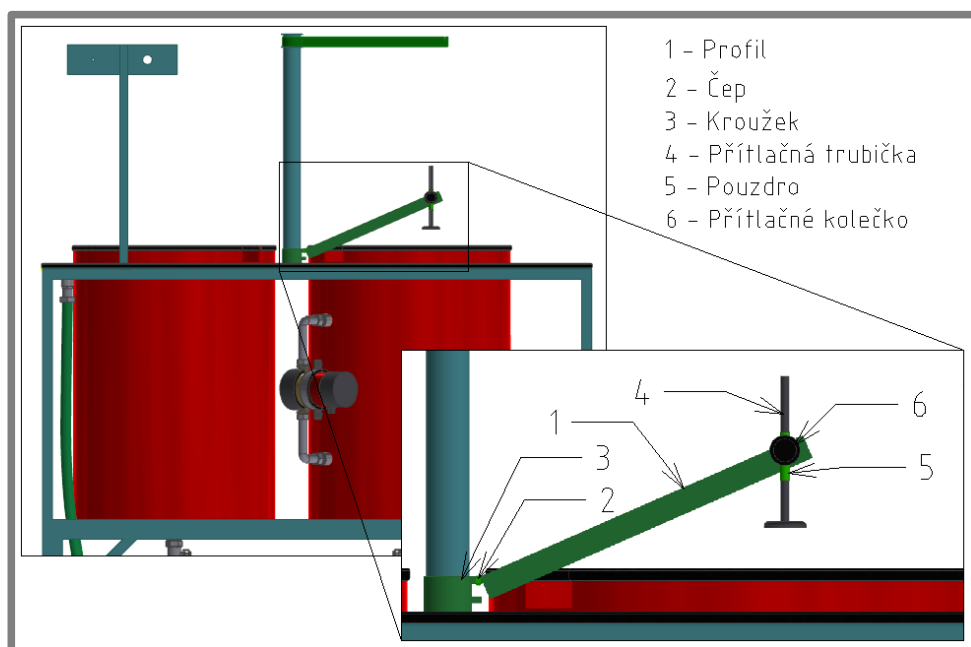


Obr. 5-10 Uložení koše ve spodní poloze

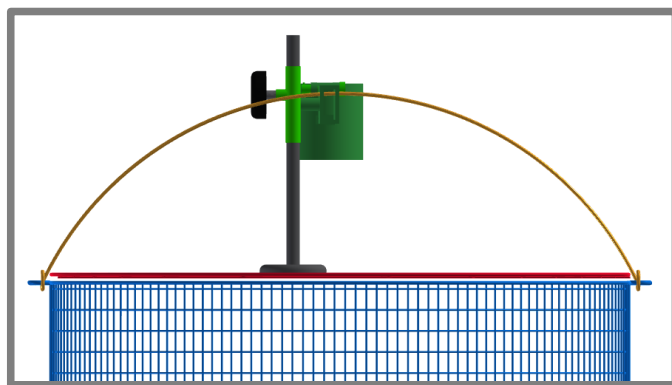
5.5.1 Závěs koše

Koš může být pověšen ve dvou polohách. První poloha je určena pro vyplavování, resp. pro dočišťování dílů, kdy je celý koš umístěn pod horním okrajem vyplavovací, resp. čistící nádoby. Pro zavěšení koše v této poloze (viz obr. 5-10) je použito nerezového sklápěcího profilu (jakosti 17 240) o rozměru (290 × 20 × 10) mm, který je čepem připevněn na nerezový kroužek, jenž je nasunut na trubku navařenou na desce stolu (viz obr. 5.2 pozice 5). Je tedy umožněno jeho otáčení kolem trubky o 360°. Koš je pověšen za ucho do výřezu na kraji držáku. Tento držák slouží pro obě nádoby a pouhým pootočením ho lze využít buď pro vyplavování, nebo na dočištění.

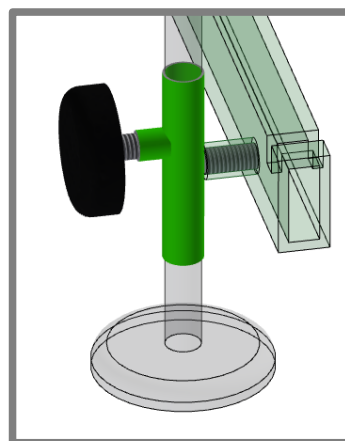
Součástí spodního držáku (obr. 5-11) koše je také přítlačná trubička, aby víko koše nespadlo. Na spodním konci trubičky se nachází široká hlava, která tlačí na víko, a samotná trubička je aretována v pouzdru pomocí přítlačného kolečka se závitem (viz obr. 5-12). Jak lze vidět na obr. 5-13, pouzdro je s držákem spojeno pomocí závitu, aby se mohlo protáčet a přítlačná trubička tak byla stále kolmá na víko.



Obr. 5-11 Spodní držák

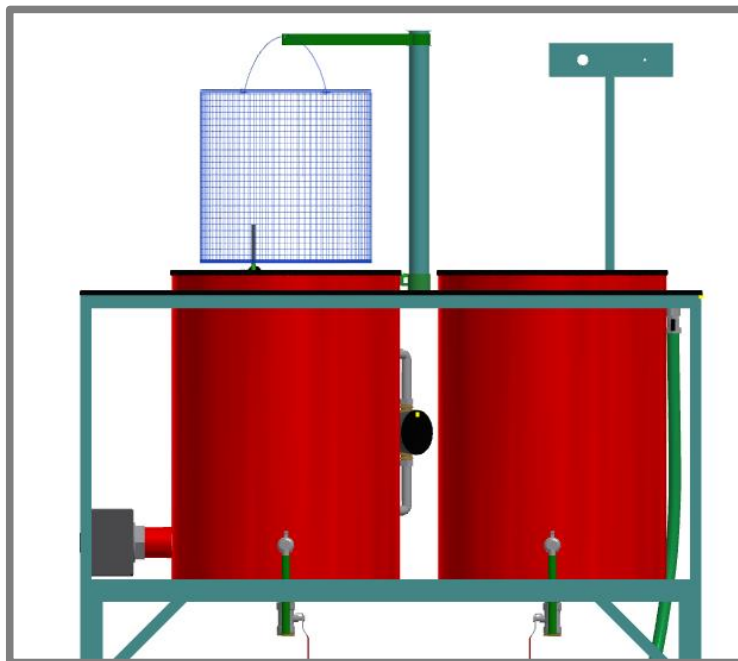


Obr. 5-12 Zajištění víka koše



Obr. 5-13 Detail uložení pouzdra

Druhá poloha zavěšení koše (obr. 5-14) je určena pro okapání dílů. Koš visí nad úrovní obou nádob na profilu přivařeném na ocelový kroužek, jenž je nasunut ve výšce 445 mm od desky stolu na stejnou trubku jako spodní držák. Opět je možné s držákem otáčet o 360° a je tak využitelný pro obě nádoby.



Obr. 5-14 Vrchní držák

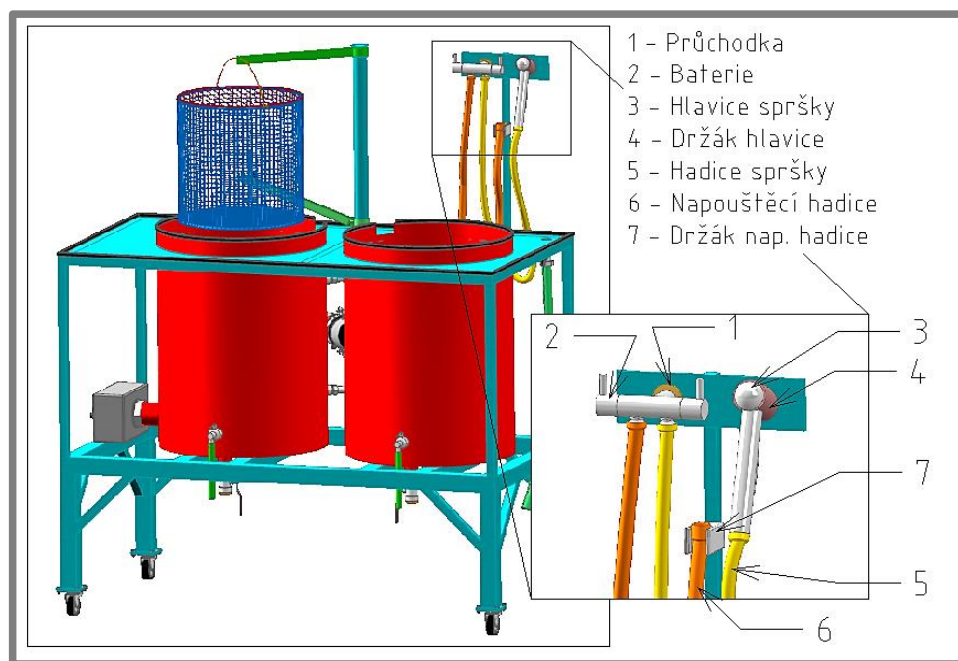
Díky spodnímu držáku je třeba upravit také víko sudu. To je potřeba pro tepelnou izolaci sudu a aby se kapalina rychleji ohřála. Jelikož přítlačná trubička musí být delší než pouzdro držáku, aby ji bylo možné uchopit, vyčnívá nad okraj sudu. Do víka je tedy vyříznut otvor, aby trubička mohla být prostrčena. Díra má ještě jednu funkci a sice odvod par z prostoru sudu, které by se jinak hromadily pod víkem. Tyto výpary by měly být odvětrávány buď např. digestoří, nebo by zařízení mělo být umístěno ve větraných prostorech. Páry hydroxidu sodného mohou být při vyšší koncentraci zdraví škodlivé (především pro oči a dýchací cesty). [47]

5.6 Přívod vody

5.6

Voda je přiváděna hadicí napojenou na průchodku s maticí [48], jež je připevněna k plechu rámu. Z druhé strany průchodky je namontována bidetová baterie s dvojventilem od firmy Sapho. [49] Katalogový list je v příloze 10. Celé zapojení je zobrazeno na obr. 5-15. Byla zvolena sprška bidetová, protože její malá hlavice je praktičtější pro dočišťování dílů nežli velká sprchová hlavice, či obyčejný kohoutek. Výhodou je také její ovládání. Na baterii je nastaven průtok, ale voda teče až v momentě, kdy je zmáčknuto tlačítko na spršce.

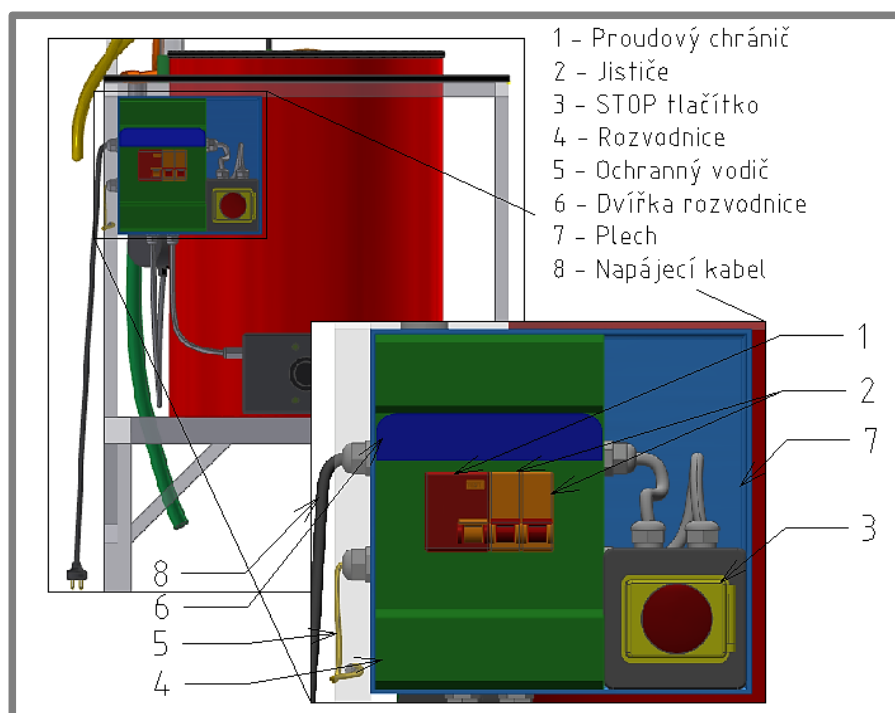
S tím však přichází problém při napouštění sudů sprškou, jelikož by muselo být po celou dobu tlačítko na hlavici zmáčknuté. Baterie však obsahuje i druhý vývod, který je původně navržen pro napouštění nádržky WC. Na tento vývod je napojena hadice [50], kterou lze umístit do jednoho ze sudů. Poté stačí nastavit průtok na baterii a nádoba může být napuštěna. Tuto hadici lze vsadit do držáku, který je připevněn k rámu pomocí samořezného šroubu.



Obr. 5-15 Bidetová sprška

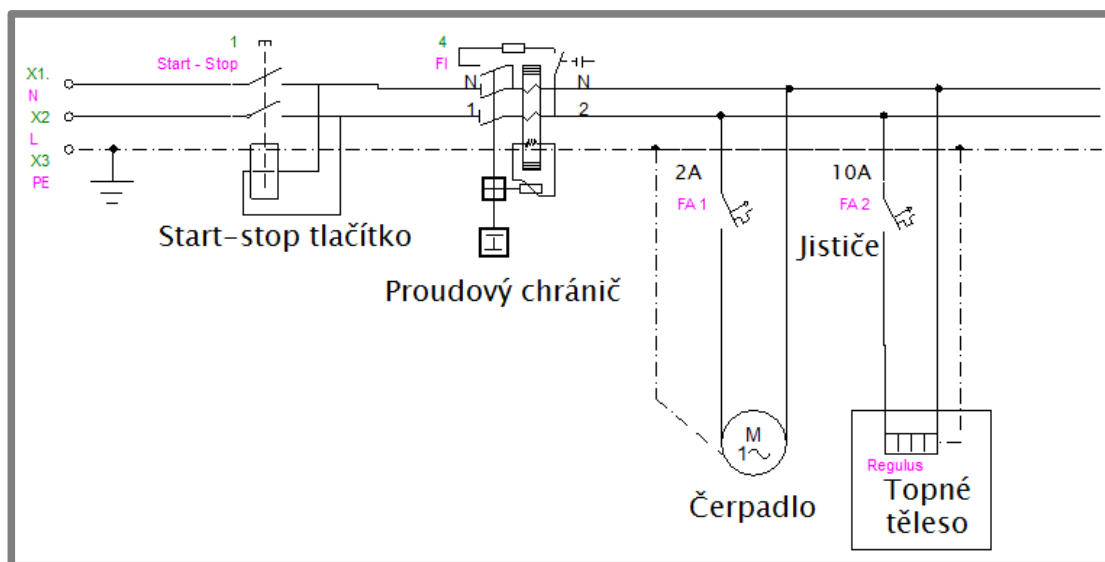
5.7 Elektronika

Při návrhu elektrického obvodu je třeba dbát na bezpečnost, jelikož zde může dojít ke kontaktu vody s elektrickými přístroji. V obvodu jsou proto přítomny ochranné prvky – proudový chránič, jističe, tlačítko nouzového zastavení a rozvodnice s určitým stupněm krytí. Pro uzemnění kostry je také potřeba připojit ochranný vodič přímo ke kostře zařízení. Ten je připevněn pomocí samořezného šroubu k rámu.



Obr. 5-16 Elektronické součástky

Elektrické schéma (obr. 5-17) zapojení bylo vyhotoveno v programu ProfiCAD. Schéma ukazuje zapojení jednotlivých prvků obvodu a vodičů. Na svorkovnici je přivedeno napětí 230 V, dále jsou vodiče připojeny na start stop tlačítko, kterým lze zařízení zapínat a vypínat (včetně nouzového vypnutí). Odtud pokračuje zapojení k proudovému chrániči a dále k pojistkám a spotřebičům.



Obr. 5-17 Schéma zapojení

5.7.1 Proudový chránič

5.7.1

Proudový chránič slouží k ochraně obsluhy v momentě, kdy část přitékajícího proudu uniká mimo obvod, tj. když je poškozena izolace nebo dojde k dotyku člověka na vodivé součásti. Když se tak stane, dojde k vybavení proudového chrániče a obvod je přerušen. [51] Zvolen byl proudový chránič LFE-25-2-030 AC od firmy OEZ. [52] Tento chránič je konstruovaný na napětí 230 V a jmenovitý proud až do 40 A. Katalogový list v příloze 11 A).

5.7.2 Jističe

5.7.2

Jistič slouží k ochraně spotřebičů před zkratem, který by je mohl zničit. Pokud dojde ke zkratu, dojde k rozpojení obvodu a přetížené zařízení je uchráněno. [53]

Jističe byly zvoleny dva, pro každý spotřebič jeden. Katalogový list v příloze 11 B). Pro výpočet proudu, na který musí být jističe stavěny, lze vypočítat z rovnice 3. [54]

$$P = U \cdot I \quad (3)$$

$$I = \frac{P}{U}$$

a) Topné těleso

$P = 2000 \text{ W}$	...	výkon topného tělesa [40]
$U = 230 \text{ V}$	...	fázové napětí
$I = ? \text{ A}$	...	proud jističe

$$I = \frac{2000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 8,696 \text{ A}$$

Proud protékající větví s topným tělesem je 8,696 A, a proto je zvolen jistič na 10 A. Konkrétně jistič LTE-10B-1 od firmy OEZ [55], jenž je stavěný na proud 10 A a napětí 230 V.

b) Čerpadlo

$P = 25 \text{ W}$	...	příkon čerpadla [36]
$U = 230 \text{ V}$	...	fázové napětí
$I = ? \text{ A}$	...	proud jističe

$$I = \frac{25 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,109 \text{ A}$$

Proud protékající čerpadlem je opravdu malý, a proto byl zvolen jistič LTE-2B-1 od firmy OEZ [56], který má nízkou hodnotu proudu, tj. 2 A, a je určen pro napětí 230 V.

5.7.3 Plastová rozvodnice

Pro uložení jističů a proudového chrániče, které nemají žádné krytí, je použita plastová rozvodnice PHS 4T od firmy Noark [57]. Obsahuje místo pro 4 moduly, a jelikož chránič zabírá místo pro dva moduly a jističe po jednom modulu, tak se tam tyto prvky vejdou. Rozvodnice disponuje krytím IP 65, což znamená, že je prachotěsná, je chráněna před dotykem drátu a je chráněna před tryskající vodou [58].

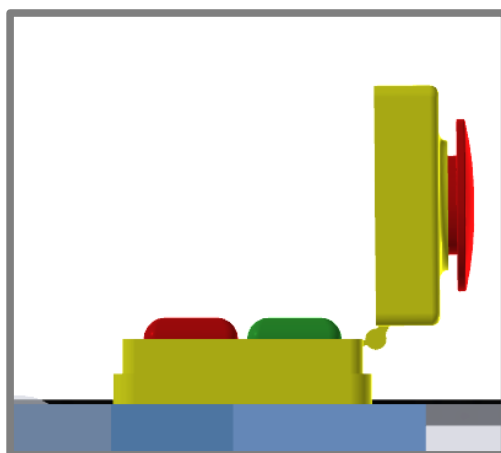
Prvky se do rozvodnice instalují na DIN lištu, která její součástí, stejně jako svorkovnice. Na ní je přiveden vodič, jenž vede ze zásuvky. Rozvodnice obsahuje také vyklápěcí průhledná dvířka, díky kterým lze vidět stav pojistek a chrániče. Při vyhození některého prvku je možno dvířka otevřít a onen prvek opět zapnout bez nutnosti rozebírání rozvodnice. Na jejích bocích se nachází vylamovací otvory, ve kterých jsou přimontovány vývodky, jež zajišťují těsnění vodičů a otvorů. (viz návod – příloha 7)

Rozvodnice je umístěna v plechu, jenž je připevněn pomocí samořezných šroubů k rámu zařízení. Do plechu jsou vyvrtány díry tak, aby jimi prošly vývodky s vodiči.

5.7.4 Tlačítko nouzového zastavení

Pro případ potřeby rychlého odpojení celého zařízení od zdroje elektrické energie je do obvodu připojeno tlačítko nouzového zastavení neboli tzv. stop tlačítko. Využito může být v případě, kdy dojde k velkému úniku kapaliny na desku a hrozilo by přetečení, či v případě jiné nebezpečné situace. Při stisknutí velkého červeného tlačítka bude zmáčknuto i malé červené tlačítko, jelikož se nachází hned pod ním. To způsobí odpojení celého zařízení od elektrické energie. Pro opětovné zapojení je třeba stisknout zelené tlačítko, které se skrývá pod víčkem velkého tlačítka. Malé červené tlačítko slouží také jako vypínač a zelené jako spínač (viz obr. 5-17).

Bylo zvoleno stop tlačítko Kedu KOA 230V/50Hz. [60] Toto tlačítko, které slouží i jako spínač, je kompletně uzavřené a disponuje krytím IP 54, což je ochrana před prachem a dotykem drátu a ochrana proti stříkající vodě. [58] Umístěno je v plechu vedle rozvodnice tak, aby k němu byl v případě potřeby dobrý přístup.



Obr. 5-18 Stop tlačítko

5.8 Finanční náklady

V celkové ceně zařízení, která činí 30 139 Kč (viz příloha 12), jsou započítány pouze ceny jednotlivých položek a cena materiálu. Není do ní zahrnuta cena poštovního, cena za práci při obrábění, svařování či montáži a ani cena za spojovací materiál (elektrody, šrouby). Také je třeba připočítat povrchovou úpravu svářených součástí. Použita je metoda komaxit, což je nanášení plastového prášku na povrch kovu.

Ceny všech položek jsou převzaty z internetových obchodů (viz odkazy u jednotlivých citací). Cena materiálu je počítána na množství, v jakém by bylo možné materiál koupit (např. jekly jsou prodávány v celých metrech). Všechny částky jsou včetně DPH a pro nerezovou ocel jsou převzaty ze stránek firmy Nerezomat s.r.o. [65] a pro uhlíkovou ocel ze stránek firmy Kondor s.r.o. [66].

5.9 Experiment

Nad rámec bakalářské práce byl proveden experiment, jehož primárním cílem bylo porovnat účinnost rozpouštědla P400SC oproti mnohem levnějšímu hydroxidu sodnému. Rozpouštědlo WaterWorks P400SC od firmy Stratasys je určené do profesionálních čistících stanic a jedna jeho lahev o hmotnosti 1 kg stojí cca 300 Kč. Naproti tomu hydroxid sodný je běžně dostupný v obchodech a slouží např. pro čištění odpadů. Cena za kilogram se pohybuje okolo 60 Kč.

Pro porovnání účinnosti rozpouštědel sloužil čas, za který byly vzorky vyplavovaného materiálu zcela rozpuštěny. Jako vzorek byl zvolen filament modifikovaného PLA materiálu od firmy Stratasys, který je používán pro tisk vyplavitelných podpor. Pro oba druhy rozpouštědel bylo použito dávkování, které je doporučeno na balení P400SC, aby byly výsledky porovnatelné. Do jednoho litru vody bylo nasypáno 22,6 g rozpouštědla.

Experiment v obou případech probíhal v zahřívané nádobě o objemu 1 litru, kde byla měřena teplota pomocí zavařovacího teploměru. Při dosažení teploty 65 °C bylo do vody vsypáno rozpouštědlo a následně vloženy vzorky o objemu 9,8 cm³ (11,75 g). Byla udržována doporučená teplota 65–70 °C. S roztokem bylo pravidelně mícháno, aby nedocházelo k usazování částic rozpouštědla.

Při dodržení stejných podmínek se vzorky v roztoku s P400SC rozpustily za 66 min a v roztoku s hydroxidem za pouhých 32 min. Paradoxně se tedy jeví jako účinnější alternativa hydroxid sodný, který je navíc o 80 % levnější nežli profesionální rozpouštědlo.

6 DISKUZE

Celé zařízení je poskládané ze svařovaných a koupených dílů. Výhoda kupovaných dílů spočívá v jednoduchosti jejich výměny. Oproti profesionálním stanicím, kde je v případě poruchy potřeba poslat zařízení do servisu, zde stačí koupit nový díl a lehce ho vyměnit. Celková cena materiálu a nakoupených dílů činí 30 139 Kč, což je přibližně 37 % z maximální požadované částky.

Zařízení disponuje vyplavovacím prostorem o velikosti až $(300 \times 300 \times 300)$ mm. Díly jsou ukládány do drátěného koše s víkem, a proto nehrozí jejich deformace vlivem teplotních diferencí, a zároveň je kapalina schopna skrz koš proudit. Oproti profesionálním čistícím stanicím toto řešení disponuje oplachovací nádobou a bidetovou sprškou. Velkou výhodou je tedy vlastní prostor pro finální oplach dílů bez nutnosti přenášet je na jiné pracoviště a kontaminování místnosti.

Ohřívání kapaliny je vyřešeno pomocí topného tělesa s termostatem, jehož součástí je i regulace teploty. Avšak pro použití v praxi je třeba nastavení termostatu zkalibrovat. Čidlo termostatu je totiž umístěno blízko topného tělesa a teplota v ostatních částech nádoby nemusí odpovídat nastavené hodnotě. Je tedy vhodné nejprve zkontrolovat, zda v některé části nádoby nebude docházet k nárůstu teploty nad hranici 75 °C, kdy by mohlo docházet k deformaci dílů. Při výpočtu doby ohřevu, která teoreticky činí 86 min, nebyly uvažovány ztráty, a proto ve skutečnosti dojde k prodloužení doby ohřevu.

Cirkulaci kapaliny v nádobě zajišťuje čerpadlo pro teplou užitkovou vodu, jež umožňuje efektivní vyplavování podpor. Oproti profesionálním vyplavovacím zařízením vývod z čerpadla do nádoby sice nedisponuje tryskami, které by usměrňovaly kapalinu do užšího vodního paprsku, avšak pro cirkulaci kapaliny v nádobě a zamezení sedimentace rozpouštědla je vývod nátrubkem dostačující.

Zařízení obsahuje ochranné prvky, které v případě nehody zabrání jak poškození samotného přístroje (jistice), tak i poranění obsluhy (proudový chránič). Pokud pracovník uzná, že může nastat nebezpečná situace, může sám zařízení oddělit od zdroje elektrické energie pomocí tlačítka nouzového zastavení. Všechny elektronické prvky jsou chráněny buď rozvodnicí s krytím IP 65, nebo sami disponují krytím IP42 a IP54.

Jelikož je pro vyplavování používána voda, která navíc obsahuje velmi zásaditý hydroxid, byly použity materiály, které odolají koroznímu prostředí. Avšak tam, kde ke kontaktu s vodou nedochází, byla použita ocel třídy 11, jež je levnější nežli ocel nerezová.

Z provedeného experimentu vyplynulo, že jako účinnější rozpouštědlo podpurného materiálu se jeví hydroxid sodný, který rozpustil vzorky za 32 min. Oproti tomu rozpouštědlo P400SC určené do profesionálních čistících stanic dosáhlo při stejných podmínkách rozpuštění až za 66 min. To je o více než 100 % delší doba.

7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout zařízení pro vyplavování a rozpouštění podpor používaných při 3D tisku na stroji Dimension SST 1200. Tento primární cíl byl splněn včetně všech cílů dílčích.

Na základě rešerše byly vyhotoveny dva koncepční návrhy a vybrané řešení bylo podrobně popsáno v konstrukční části. Výsledné konstrukční řešení je schopno rozpouštět a vyplavovat podpurný PLA materiál, který je rozpustitelný v rozpouštědlech obsahujících hydroxid sodný. Zařízení obsahuje komponenty, které zajišťují cirkulaci kapaliny a její ohřev s automatickou regulací teploty. Stanice se svojí funkcí vyrovná profesionálním čistícím stanicím a díky vlastní oplachovací komoře nabízí i místo pro finální omytí dílů. Byl také kladen důraz na bezpečnost používání. Ve výsledku se jedná o zařízení, které zajišťuje čistý a bezpečný provoz s ohledem na nižší cenu oproti profesionálním vyplavovacím stanicím, kterým se ale svojí funkčností vyrovná.

Mezi možné úpravy, kterými lze výsledné řešení vylepšit patří například časovač, kterým by bylo možno nastavit dobu vyplavování, takže by uživatel nemusel zařízení vypínat manuálně. Toto by se dalo vyřešit spínací zásuvkou s časovačem. Stanice by pro pohodlnější čištění již vyplavených dílů mohla obsahovat ještě jedno čerpadlo, které by provádělo cirkulaci čisté vody v nádrži určené pro finální oplachování. Jako další vylepšení se také nabízí ukazatel hodnoty pH v roztoku. Jednalo by se o vývojovou desku Arduino, na kterou by byla připojena sonda pro měření pH a displej ukazující naměřenou hodnotu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

8

- [1] FDM technologie. *CustomPartNet* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>
- [2] Princip FDM. In: *CustomPartNet* [obrázek]. ©2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/images/rapid-prototyping/fdm.png>
- [3] Technologie SLA. *CustomPartNet* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/stereolithography>
- [4] Princip SLA. *CustomPartNet* [obrázek]. ©2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/images/rapid-prototyping/sla.png>
- [5] Selective Laser Sintering. *CustomPartNet* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/selective-laser-sintering>
- [6] Princip SLS. *CustomPartNet* [obrázek]. ©2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/images/rapid-prototyping/sls.png>
- [7] Polyjet. *Materialise* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.materialise.cz/polyjet-prototypu>
- [8] The Objet Polyjet Process. In: *3D Additive Fabrication* [obrázek]. c2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.3daddfab.com/images/3D-Printing-Technology.jpg>
- [9] Supports in 3D Printing:: A technology overview. *3D HUBS* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/supports-3d-printing-technology-overview>
- [10] FDM podpory. In: *3D HUBS* [obrázek]. c2017 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/3dhubs-knowledgebase/supports-3d-printing-technology-overview/visual1.png>
- [11] Methods for Cleaning 3D Parts. *Fictiv* [online]. Evans, 2015 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://www.fictiv.com/blog/posts/methods-for-cleaning-3d-parts>
- [12] Designing parts for SLA 3D Printing. *3D HUBS* [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/designing-parts-sla-3d-printing>
- [13] Tips for Quick: Thorough Soluble Support Removal. *Stratasys Blog* [online]. Zahringer, 2012 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://blog.stratasys.com/2012/02/27/tips-for-quick-thorough-soluble-support-removal/>
- [14] FDM Support Removal. *Stratasys* [online]. ©2016 [cit. 2017-03-21]. PDF dokument. Dostupné z: http://usglobalimages.stratasys.com/Main/Files/Best%20Practices_BP/BP_FDM_SupportRemoval.pdf?v=636008155408106896
- [15] Čistící cirkulační stanice SCA 1200HT. In: *Amtec Company* [obrázek]. c2017 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: https://store.amtekcompany.com/product_images/uploaded_images/sca-1200ht.jpg
- [16] How Do Ultrasonics Work: The Differences In Ultrasonics. *Best Technology* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.besttechnologyinc.com/precision-cleaning-systems/how-do-ultrasonics-work/>

- [17] Omegasonics 1420BTD. In: *Omegasonics* [obrázek]. c2017 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <https://omegasonics.com/wp-content/uploads/2015/02/1420btd.jpg>
- [18] 3D Printer Maker Stratasys Expands Automated Support-Removal Process for Polycarbonate Material. *Stratasys* [online]. 2011 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://investors.stratasys.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=627524>
- [19] HIPS. *MaterialPro3D* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/hips/>
- [20] PVA Filament: The Easy Soluble Support Material. *Rigid.ink* [online]. Tyson, 2016 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://rigid.ink/blogs/news/pva-the-easy-dissolvable-support-material>
- [21] PLA. *MaterialPro3D* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/pla/>
- [22] Two different types of support structures. In: *3D HUBS* [obrázek]. ©2017 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/3dhubs-knowledgebase/supports-3d-printing-technology-overview/photo26.jpg>
- [23] U PROFIL PIRELI. *Gumex* [online]. ©2015 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/u-profil-pireli-14966.html>
- [24] Nátrubek nerez. *Tafimex* [online]. ©2015-2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.tafimex.cz/natrubek-nerez>
- [25] Kulový kohout voda 1/2". *Vaše topení* [online]. ©2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.vasetopeni.cz/kulovy-kohout-voda-1-2-vypousteci-kratky--28cz/>
- [26] Přístrojové kolo šedé 50 mm. *B2BPartner* [online]. ©2010-2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://www.b2bpartner.cz/pristrojove-kolo-sede-50-mm-otocne-s-brzdou/>
- [27] Přístrojové kolo šedé 50 mm – technický list. *B2BPartner* [online]. ©2015 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://www.b2bpartner.cz/soubory/25203/133019.pdf>
- [28] Ergonomické uspořádání pracoviště. *IPA Czech* [online]. Křišťák, 2007 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/ergonomicke-usporadani-pracoviste>
- [29] Přístrojové kolo šedé 50 mm. In: *B2BPartner* [obrázek]. ©2010-2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: https://www.b2bpartner.cz/galerie/1_25322/pristrojove-kolo-sede-50-mm-otocne-s-brzdou-original.jpg
- [30] Nerezová nádrž 55L. *Vinařské věci* [online]. ©2014 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.vinarskeveci.cz/dusovy-system-air/nerezova-nadrz-55-l/>
- [31] Protiprašné víko. *Vinařské věci* [online]. ©2014 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.vinarskeveci.cz/stojany-a-vika/protiprasni-viko-q-405-mm/>
- [32] Vsuvka mosaz. *Tafimex* [online]. ©2015-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.tafimex.cz/vsuvka-mosaz>
- [33] Kulový ventil s vnitřním závitem. *Tafimex* [online]. ©2015-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.tafimex.cz/kulovy-ventil-s-vnitřnim-zavitem>
- [34] Mosaz Zátka 3/4". *Topení levně* [online]. ©2007-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/mosaz-zatka-3-4-p6711/>
- [35] Stavební izolační pás. *Kutil.cz* [online]. ©2016 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.kutil.cz/zahrada-stavba-dilna/plachty-folie/stavebni-izolacni-pas-100cm-2xal-oboustranna/>

- [36] Grundfos COMFORT 15-14 B PM. *Čerpadlo-čerpadla* [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.cerpadlo-cerpadla.cz/cerpadla-ok/eshop/7-1-OBEHOVA-CERPADLA/8-2-CIRKULACNI-cerpadlo-TUV-BRONZ/5/4077-Grundfos-COMFORT-15-14-B-PM-cirkulacni-cerpadlo-97916771>
- [37] Objímka 68-71 dvoušroubk. M8/10 Walraven. *INPO* [online]. ©2012 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.e-koupelny-inpo.cz/kovove-objimky-dvousroubkove/154837-objimka-68-71-dvousroubk-m8-10-walraven.html>
- [38] NEREZOVÝ VLNOVEC DN12 1/2" x 1/2" 15 cm s maticemi. *Vachoušek* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.obchod-vtp.cz/nerezovy-vlnovec-dn12-1-2-x1-2-15cm-s-maticemi-pn16-aisi316?gclid=CK252OvurtMCFQoo0wodLroCAA>
- [39] SACÍ KOŠ SE ZPĚTNOU KLAPKOU. *IVARCS* [online]. ©2001-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/saci-kos-se-zpetnou-klapkou-fiv-08032>
- [40] Topné těleso 2 kW: typ D. *Regulus* [online]. ©2015-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/topne-teleso-2-kw-typ-d>
- [41] Technický list: Topné těleso 6/4". *Regulus* [online]. ©2015-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/?download=tech-listy/cz/tl_cz_technicky-list_ett-d.pdf
- [42] Návod k použití: Topné těleso poniklované, s termostatickou hlavici, jednofázové s pevným připojením. *Regulus* [online]. ©2015-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/download/navody/cz/nn_czen_navod_01-top.-tel.-s-term.hl.--1f-s-pevnym-prip.-ponikl-a4.pdf
- [43] Měrná tepelná kapacita. *Vítejte na zemi* [online]. ©2013 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=merna_tepelna_kapacita&site=energie
- [44] Ohřev vody ve varné konvici. *Sbírka řešených úloh* [online]. 2016 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://reseneulohy.cz/316/ohrev-vody-ve-varne-konvici>
- [45] Stainless Steel Chip Bucket 30 x 30cm. *Cooksmill* [online]. ©2016 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.cooksmill.co.uk/kitchen/food-prep-tools/buckets-basins/buckets/stainless-steel-chip-bucket-30-x-30cm.html>
- [46] Grilovací rošt 31cm. *KotlíkyKotle* [online]. ©2014-2020 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.kotlikykotle.cz/Grilovaci-rost-31-cm>
- [47] Hydroxid sodný. *Krizport* [online]. ©2016 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/hydroxid-sodny#nebezpecnost>
- [48] FT220/20 Prodloužení do bytového jádra. *Hezké koupelny* [online]. ©2008-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.hezkekoupelny.cz/topenarsky-program/prodlouzeni-do-bytoveho-jadra-1-2x3-4-pruchodka-pro-sud>
- [49] SAPHO - Bidetová sprcha s dvojventilem pro napojení vody na WC nádržku (1209-04). *Svět koupelny* [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.svet-koupelny.cz/bidetove-baterie/sapho-1209-04-bidetova-sprcha-s-dvojventilem-a-napojenim-vody-na-nadrzku-chrom/sapho-1/>
- [50] Kovová sprchová hadice 100cm 1/2" x 1/2", CHROM, dvouzámková. *Vachoušek* [online]. ©2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.obchod-vtp.cz/kovova-sprchova-hadice-100cm-chrom-1-2-x1-2?gclid=CI3s-fHvrtMCFVMo0wodt28APw>

- [51] Elektrické ochrany v soustavách nízkého napětí: 3. díl: Proudový chránič. *O Energetice* [online]. Moravec, 2017 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/elektricke-ochrany-v-soustavach-nizkeho-napeti-3-dil-proudovy-chranic/>
- [52] Proudový chránič OEZ:42389 LFE-25-2-030AC. *Elima* [online]. ©2006-2017 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: https://www.elima.cz/obchod/oez42389-030ac-proudovy-chr-230_400-2pol-p-25191.html
- [53] Elektrické ochrany v soustavách nízkého napětí: 2. Díl: Jistič. *O Energetice* [online]. Moravec, 2017 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/elektricke-ochrany-v-soustavach-nizkeho-napeti-jistic/>
- [54] Jak vypočítat velikost hlavního jističe. *Bastler* [online]. michell, 2015 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.bastler.cz/jak-vypocitat-velikost-hlavniho-jistice/>
- [55] Jistič OEZ:41878 LTE-10B-1 10A. *Elima* [online]. ©2006-2017 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.elima.cz/obchod/oez41878-jistic-p-25145.html>
- [56] Jistič OEZ:41874 LTE-2B-1 2A. *Elima* [online]. ©2006-2017 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.elima.cz/obchod/oez41874-jistic-p-25142.html>
- [57] PHS 4T Plastová rozvodnice. *Elima* [online]. ©2006-2017 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://www.elima.cz/obchod/101492-phs-4t-plastova-rozvodnice-pruhledne-dvere-montaz-na-omitku-ip65-1-rada-4m-noark-p-18605.html?gclid=CMXDkePW0NMCfYK0wodkwYCeg>
- [58] Tabulka krytí IP (popis stupňů). *Profi elektrika* [online]. Bureš, 2003 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/krip030918>
- [59] Montážní návod PHS. *Noark* [online]. ©2015 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://noark.cz/uploads/phs_manual.pdf
- [60] Kompletní vypínač Kedu KOA 230V/50Hz. *Kedu-cz* [online]. ©2011-2017 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://kedu.cz/Kompletni-vypinač-Kedu-KOA-230-50Hz-max-13_5A-3kW
- [61] Grundfosliterature-4347790. *Grundfos* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <https://net.grundfos.com/Appl/ccmsservices/public/literature/filedata/Grundfosliterature-4347790.pdf>
- [62] Technický list sacího koše. *IVAR CS* [online]. ©2001-2017 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: http://www.ivarcz.cz/?download=_/p.000505/technicky-list_fiv.08032.pdf
- [63] Katalogový list. *Sapho* [online]. Sapho, 2015 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.sapho.cz/virtualni-katalogy/sapho-professional-2015-cz/#107/z>
- [64] Modulární přístroje: Katalogový list. *Elima* [online]. 2015 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: https://www.elima.cz/storage/OEZ_Modulární%20přístroje_%20Minia.pdf
- [65] *Nerezomat* [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.eshop-rychle.cz/www-nerezocel-cz>
- [66] *Kondor* [online]. ©2013 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz>

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

9

Obr.	- obrázek
atd.	- a tak dále
tzv.	- takzvaný
tj.	- to je
např.	- například
FDM	- Fused deposition modeling
SLA	- Stereolitografie
SLS	- Selective laser sintering
HIPS	- High impact polystyren
PVA	- Polyvinylalkohol
PLA	- Polyactic acid
cca	- cirka
TUV	- Teplá užitková voda
DPH	- Daň z přidané hodnoty
s.r.o.	- společnost s ručením omezeným
IP	- ingress protection

P [W]	- výkon topného tělesa
t_0 [K]	- počáteční teplota vody
t_k [K]	- konečná teplota vody
c_v [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	- měrná tepelná kapacita vody
m [kg]	- hmotnost
Q [J]	- teplo potřebné k ohřátí
τ [s]	- čas ohřátí
U [V]	- napětí
I [A]	- proud

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Poloha dílu vzhledem k využití podpor	14
Obr. 2-2 FDM podpory [10]	14
Obr. 2-3 Druhy podpor (vlevo accordion, a vpravo tree) [22]	15
Obr. 2-4 Čistící cirkulační stanice SCA 1200HT [15]	16
Obr. 2-5 Čistící ultrazvuková stanice Omegasonics 1420BTD [17]	17
Obr. 4-1 Stolní varianta	19
Obr. 4-2 Komplexní stanice	20
Obr. 5-1 Konečné konstrukční řešení	21
Obr. 5-2 Rám a vrchní deska stolu	22
Obr. 5-3 Kolečka od firmy Tente [29]	23
Obr. 5-4 Hadice pro odtok	23
Obr. 5-5 Sudy	23
Obr. 5-6 Výpust sudu	24
Obr. 5-7 Výřez v sudu a ochranná guma	25
Obr. 5-8 Čerpadlo	25
Obr. 5-9 Topné těleso	26
Obr. 5-10 Uložení koše ve spodní poloze	27
Obr. 5-11 Spodní držák	28
Obr. 5-12 Zajištění víka koše	28
Obr. 5-13 Detail uložení pouzdra	28
Obr. 5-14 Vrchní držák	29
Obr. 5-15 Bidetová sprška	30
Obr. 5-16 Elektronické součástky	30
Obr. 5-17 Schéma zapojení	31
Obr. 5-18 Stop tlačítko	33

11 SEZNAM PŘÍLOH**11**

Přiložené přílohy

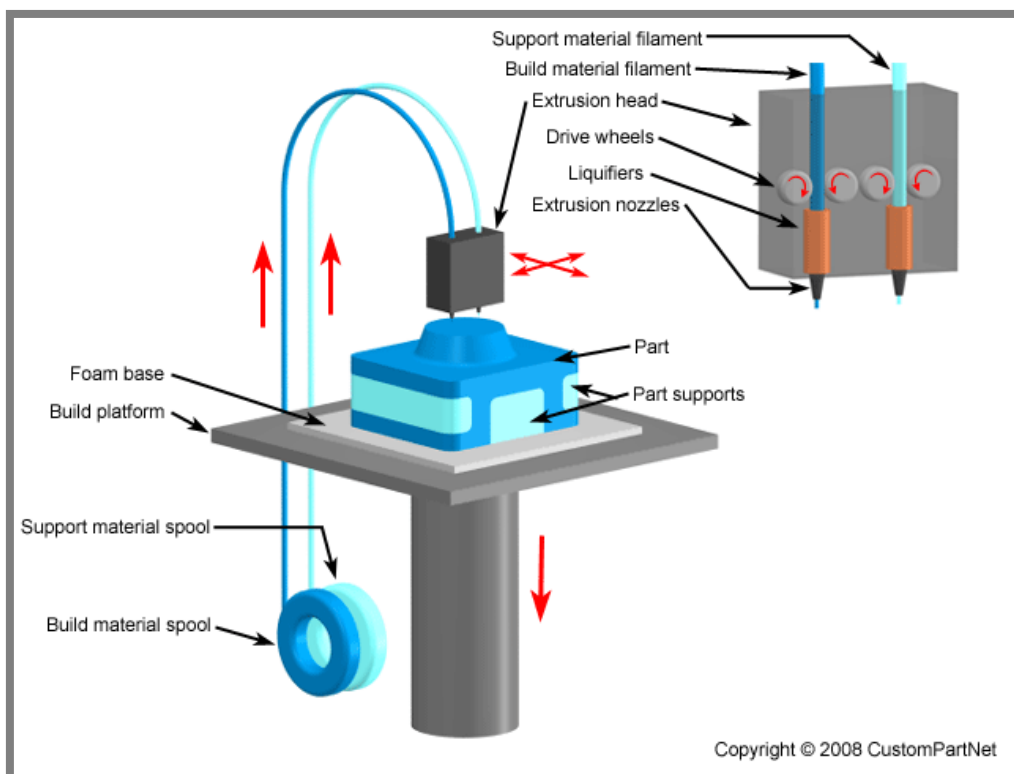
Příloha 1 – technologie 3D tisku plastových prototypů	44
Příloha 2 – Konečné konstrukční řešení	46
Příloha 3 – technický list Přístrojové kolo TENTE [27]	48
Příloha 4 – technický list topného tělesa Regulus [41]	50
Příloha 5 – Návod topného tělesa Regulus, str. 5 [42]	52
Příloha 6 – Návod topného tělesa Regulus, str. 3 [42]	53
Příloha 7 – Manuál k rozvodnici PHS 4T od firmy Noark, str. 3, 4 [59]	54
Příloha 8 – technický list čerpadla Grundfos, str. 39 [61]	56
Příloha 9 – technický list sacího koše [62]	57
Příloha 10 – katalogový list od firmy Sapho, str. 107 [63]	59
Příloha 11 – Katalogový list modulárních přístrojů firmy OEZ [64]	60
A) Proudový chránič LFE – str. 55, 56, 57	60
B) Jistič LTE – str. 10, 11, 14	63
Příloha 12 – Finanční náklady	66

Samostatné přílohy

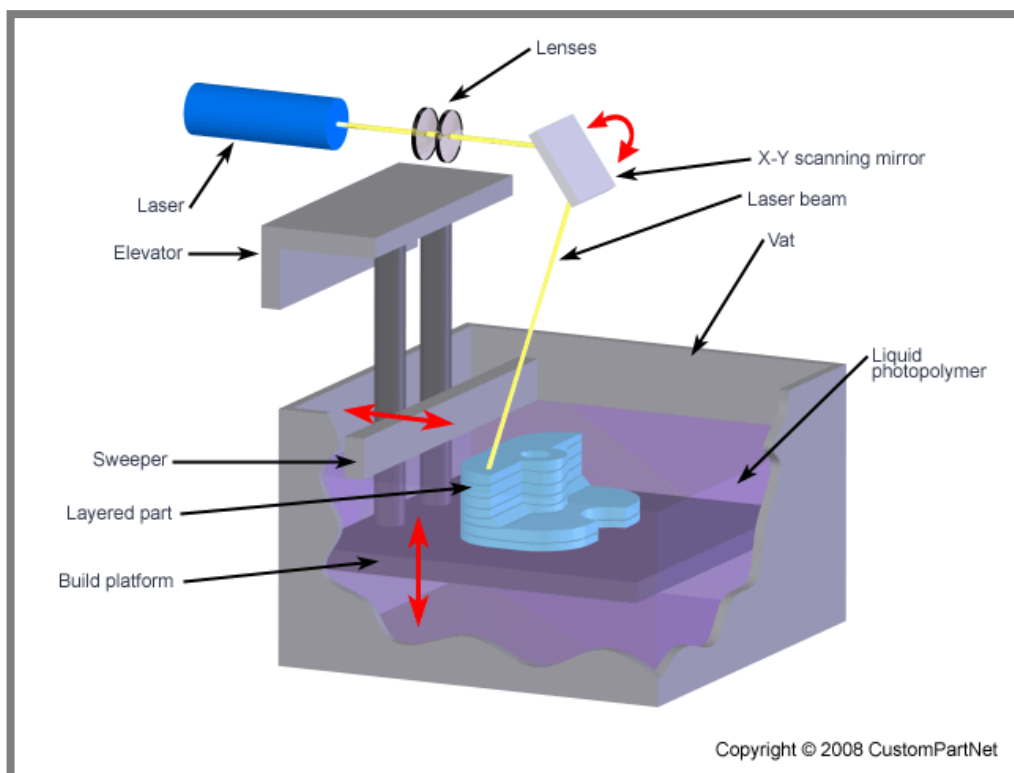
Výkresová dokumentace

12 PŘÍLOHY

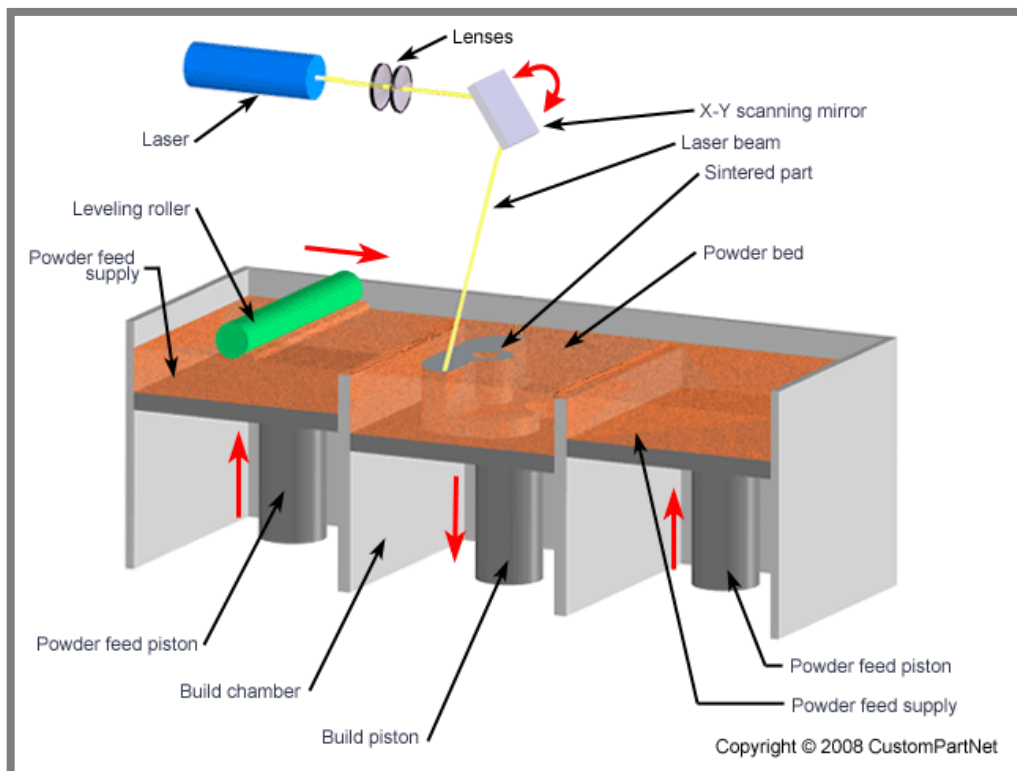
Příloha 1 – technologie 3D tisku plastových prototypů



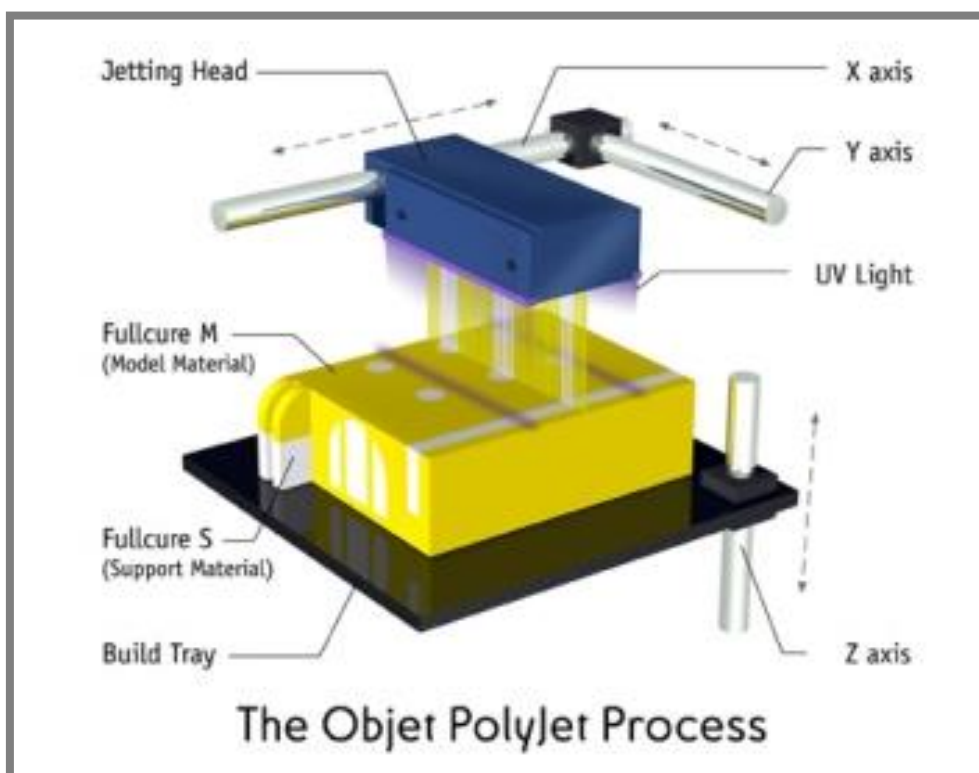
Příloha 1a FDM technologie [2]



Příloha 1b SLA technologie [4]



Příloha 1c SLS technologie [6]

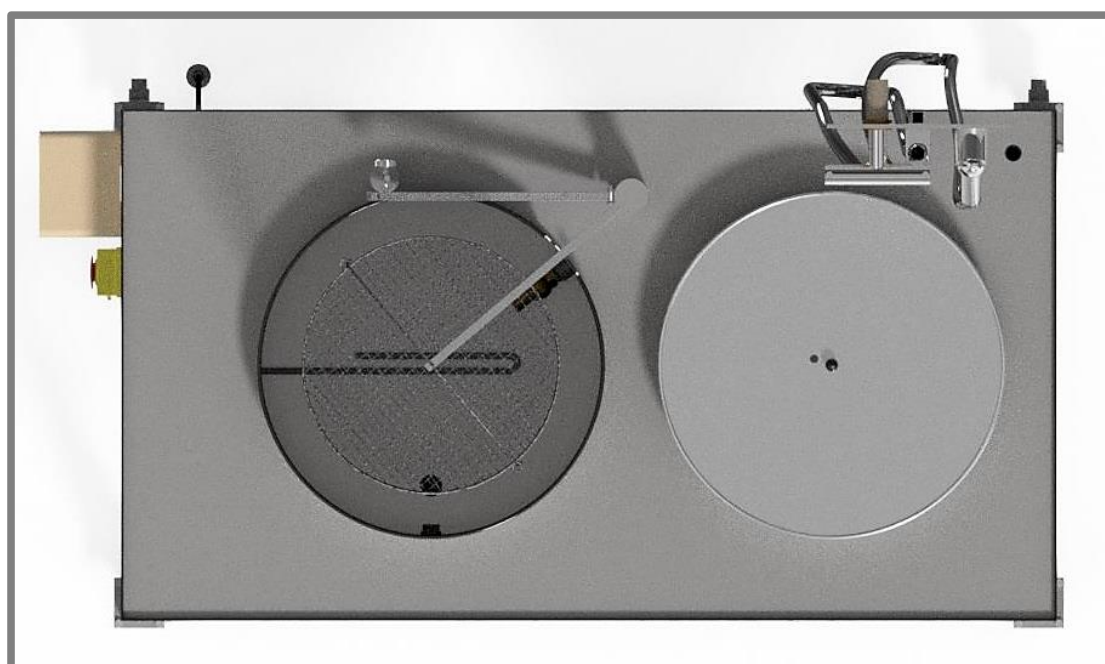


Příloha 1d Polyjet technologie [8]

Příloha 2 – Konečné konstrukční řešení



Příloha 2a Čelní pohled



Příloha 2b Pohled shora



Příloha 2c Pohled zezadu



Příloha 2d Boční pohled

Příloha 3 – technický list Přístrojové kolo TENTE [27]

Informace o produktu



2475PJI050P40

EAN 4031582050035

Otočné kolečko s brzdou kola, Vidlice vyrobená z ocelového výlisku, pozinkováno, dvojité kuličkové ložisko v otočné hlavě, střed nýtován, uchycení s plotýnkou.

Střed kolečka vyroben z polypropylénu, Běhoun: TENTEprén (termoplastická guma), šedá-neznačující, kluzné uložení



Technické údaje

Průměr kolečka	50 mm
Šířka běhounu	19 mm
Velikost plotny	60 x 60 mm
Rozteč děr	48/38 x 48/38 mm
Průměr děr	6,3 mm
Vyosení	24 mm
Stavební výška	69 mm
Teplota	- 20 / + 60 °C
Standard	EN 12530
Hmotnost	0.191 kg
Tvrdost běhounu	A 87 Shore
Dynamická nosnost	50 kg
Statická nosnost	100 kg

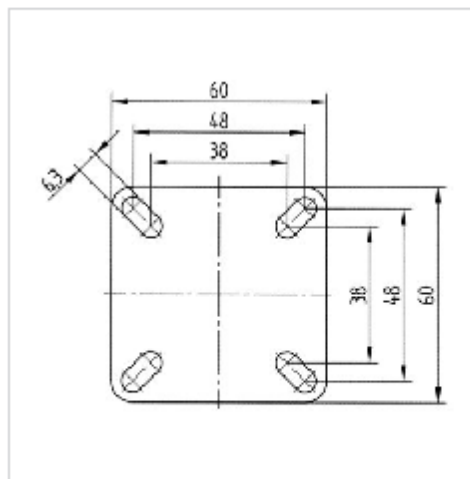
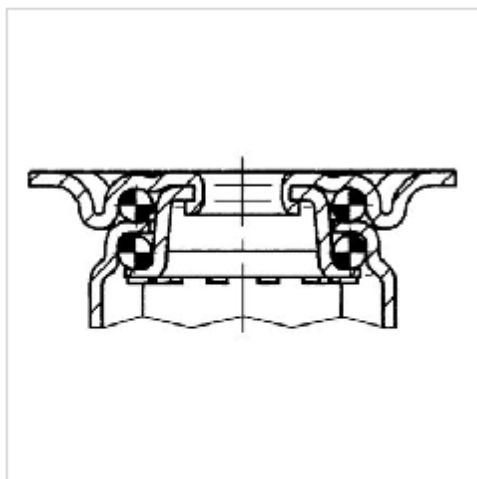
Valivý odpor	+	+	+	+	+
Hlučnost pohybu	+	+	+	+	+
Opotřebení	+	+	+	+	+
Ochrana proti korozi	+	+	+	+	+

Informace o produktu



2475PJI050P40

EAN 4081582050085



Příloha 4 – technický list topného tělesa Regulus [41]



TECHNICKÝ LIST

v1.4.1_11/2015

str. 1/2

**Topné těleso G 6/4" s termostatickou hlaví se stykačem,
jednofázové, s pevným připojením, typ ETT-D**

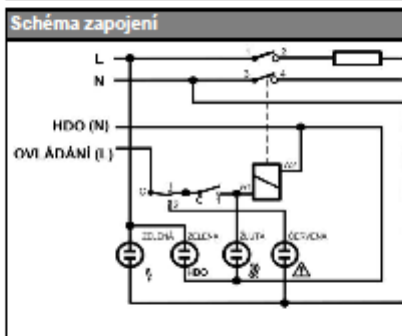


Použití	
Určení	ohřev stojaté pracovní kapaliny v zásobnících TV a akumulčních nádržích; není určeno k ohřevu kapaliny v nádržích z nerezavějící oceli
Pracovní kapalina*	pitná voda, otopná voda, nemrznoucí směs pro otopné systémy a tepelná čerpadla
Montážní poloha	vodorovná, kabelovou vývodkou dolů, těleso musí být celé omýváno pracovní kapalinou

Konstrukce	
Typ tělesa	elektrické, odporové, poniklované, s termostatickou hlaví se stykačem
Připojovací závit	G 6/4" vnější
Připojení do sítě	kabel pro pevné připojení do krabiceové svorkovnice nebo do rozvaděče

Elektrické připojení	1/N/PE AC 230 V
Napájecí napětí	230 V 50 Hz
Krytí podle ČSN EN 60529	IP 54
Ochranná třída podle ČSN EN 61140 ed.2	I

Napájecí kabel	šedý
Průřez	5x1,5 mm ²
Délka	2 m
Kabelová vývodka	Pg 11



Termostat provozní	kapilární, nastavitelný
Přepínací kontakt	16 A
Rozsah nastavení teploty	od 0 ± 5 °C do 90 ± 3 °C
Způsob nastavení teploty	otočným knoflíkem
Spínací difference	5 ± 1,5 °C
Dolní omezení	cca 15 °C – protimrazová ochrana
Horní omezení	cca 80 °C – pro zásobníky TV
Obě omezení je možné po sejmutí knoflíku změnit nebo úplně zrušit.	

Termostat bezpečnostní	kapilární, pevně nastavený
Teplota vypnutí	90 ± 0/-6 °C
Reset	ruční, po poklesu teploty pod 50 °C

Stykač	AC1 : 20 A / 690 V, 1Z
Napětí cívky	AC 220 – 240 V
Kmitočet	50 Hz

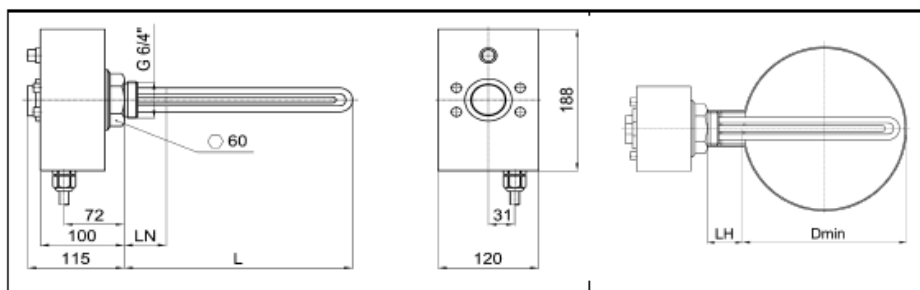
Materiály	
Topné těleso	poniklovaná měď
Krabice topného tělesa	hliníková slitina
Šestihran se závitem	poniklovaná mosaz
Napájecí kabel	PVC

REGULUS spol. s r.o.
Do Koutů 1897/3, 143 00 Praha 4

Tel.: +420 241 764 506
Fax: +420 241 763 976

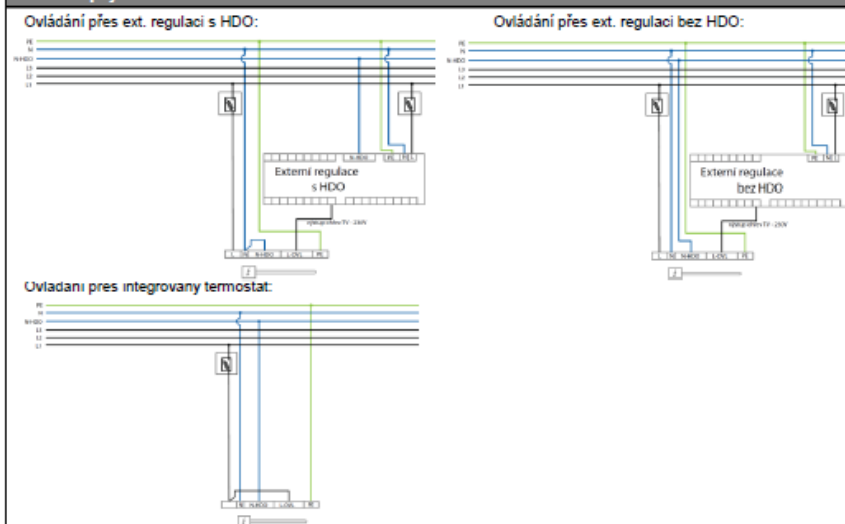
E-mail: regulus@regulus.cz
Web: www.regulus.cz

**Topné těleso G 6/4" s termostatickou hlavici se stykačem,
jednofázové, s pevným připojením, typ ETT-D**



Typ tělesa	Jmenovitý výkon	Jmenovitý proud	Délka tělesa L	Délka netopícího konce LN	Min. průměr nádrže bez vnitřního výměníku Dmin		Objednací kód
					pro LH=60mm	pro LH=100mm	
ETT – D - 2,0	2,0 kW	8,7 A	315 mm	100 mm	280 mm	240 mm	11 783
ETT – D - 3,0	3,0 kW	13,0 A	370 mm	100 mm	340 mm	300 mm	11 784

Příklad zapojení



* Topné těleso není svojí konstrukcí určeno k ohřevu jiných kapalin než je uvedeno, plynů ani par.
Otopná kapalina přicházející do přímého styku s topným tělesem musí splňovat podmínky ČSN 07 7401.
Teplá voda nesmí překračovat následující hodnoty:

pH	celkový obsah pevných částic (TDS)	Vápník	Chloridy	Sodík	Železo
8,5-9,5	800 mg/litr	40 mg/litr	100 mg/litr	200 mg/litr	0,2 mg/litr

Příloha 5 – Návod topného tělesa Regulus, str. 5 [42]

2.5.2 - Ohřev otopné kapaliny v akumulační nádrži topného systému

Topný systém naplňte teplonosnou kapalinou, odvzdušněte a natlakujte na provozní tlak. Knoflík termostatu nastavte na požadovanou teplotu.

Pokud chcete nastavit teplotu vyšší než 60 °C je třeba odstranit omezovací pružinku pod knoflíkem.

Postup:

- Knoflík sejměte z hřídelky termostatu,



- Uvnitř knoflíku jsou dvě omezující pružinky. Odstraňte horní pružinku. Je zasazena do zářezu 17 a omezuje nastavitelnou teplotu na 60 °C. (V knoflíku zůstane jen jedna pružinka. Je nasazena v zářezu 37 a omezuje dolní nastavení na teplotu 15 °C).



- Knoflík nasadte zpátky na hřídelku termostatu.

Touto úpravou se zvýší rozsah nastavení termostatu na 15 - 90 °C.

Na topném tělese budou svítit zelená a žlutá kontrolka. Po nahláti kapaliny na požadovanou teplotu žlutá kontrolka zhasne. Svítící zelená kontrolka značí, že topné těleso je připojeno k elektrické síti a je sepnuto HDO (nízký tarif). Pokud nesvítí zelená kontrolka označená N-HDO, je HDO vypnuto (vysoký tarif). V případě, že vodič označený N-HDO je v krabíkové svorkovnici propojen se středním vodičem N, rozsvěcí se nebo zhasí - nají obě zelené kontrolky současně a značí, že topné těleso je připojeno k el. síti.

2.5.3 - Stav topného tělesa při provozu

Stav topného tělesa je při provozu signalizován kontrolkami s následujícím významem

Barva	Značka	Popis
Zelená		Topné těleso je v pořádku, připojeno k el. síti a připraveno k použití
Žlutá		Topné těleso topí
Červená		Vypnutý havarijní termostat
Zelená	N-HDO	Signalizuje nízký tarif HDO

Při dosažení bezpečnostní teploty odpojí bezpečnostní termostat topné těleso od přívodu el. energie. Tento stav je signalizován svítící červenou kontrolkou. Svítící zelená kontrolka (blesk) značí, že topné těleso je připojeno k elektrické síti. Bezpečnostní termostat je samočinně nevratný. Po vychlazení zásobníku nebo nádrže se jeho opětovné sepnutí provede zamáčknutím tlačítka po odšroubování víčka na krytu topného tělesa. Červená kontrolka zhasne a topné těleso je znovu připraveno k použití.

Pozn.: Pokud je vypnuté napájení (L) a současně je vypnuté HDO (N-HDO), pak může do topného tělesa přicházet napětí od sepnutého regulátoru (OVLÁDÁNÍ L). Tento stav je signalizován tak, že svítí obě zelené kontrolky.

REGULUS - El. topné těleso - www.regulus.cz

5 |

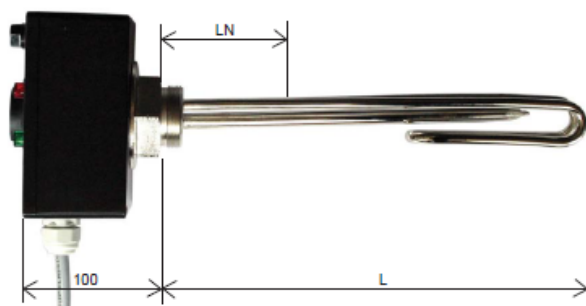
Příloha 6 – Návod topného tělesa Regulus, str. 3 [42]

2 - Topné těleso poniklované, s termostatickou hlavicí, jednofázové s pevným připojením

2.1 - Technický popis

Elektrické topné těleso se skládá z poniklovaného topného tělesa s vnějším závitem G 6/4", provozního kapilárního termostatu nastavitelného v rozsahu od 0 ± 5 °C do 90 ± 3 °C (dolní teplota je z výroby omezena na cca 15 °C jako ochrana proti případnému zamrznutí a) horní teplota je omezena na 60 °C pro použití v zásobnících teplé vody) se spínací diferencí 5 ± 1 °C, bezpečnostního kapilárního termostatu s ručním resetem s nastavením 99 °C s tolerancí nastavení $+0$ °C, -6 °C, napájecího kabelu $5 \times 1,5$ mm² a kontrolky pro signalizaci stavu topného tělesa. Délka přívodního kabelu je 2 m.

2.2 - Rozměry



	výkon [kW]	elektrické připojení	typové číslo	kód	materiál	LN-netopící konec [mm]	L-délka topného tělesa [mm]	min. velikost zásobníku	min. velikost nádrže
230 V	2	1/N/PE AC 230V	ETT-D-2,0	11783	niklovaná měď	100	315	RGC 120H	PS 200 HSK 500
	3	1/N/PE AC 230V	ETT-D-3,0	11784	niklovaná měď	100	350		

2.3 - Připojení k elektrické síti

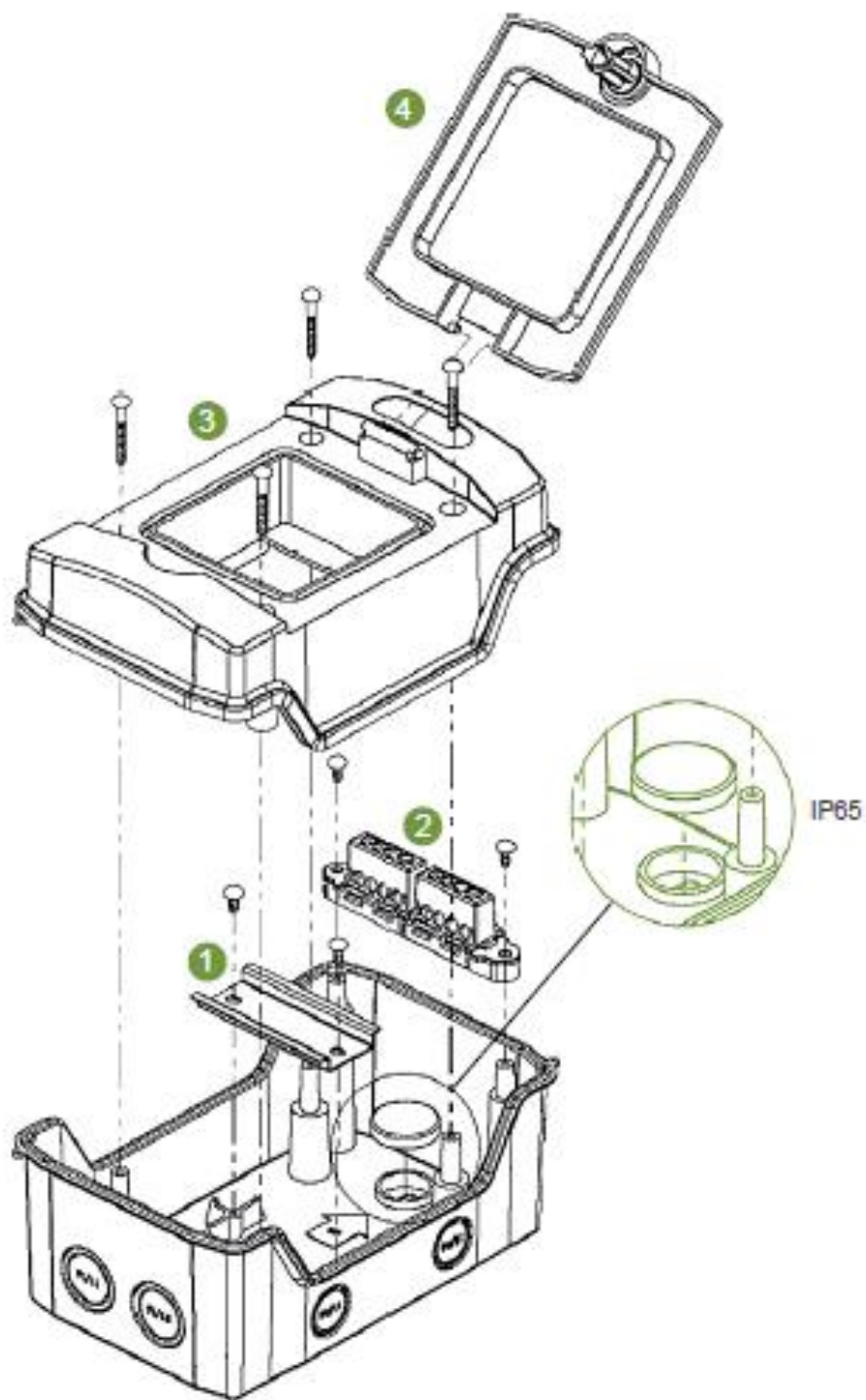
Elektrické topné těleso se připojuje do krabicové svorkovnice nebo do rozvaděče elektrické sítě 1/N/PE AC 230V pevným připojením. Instalace musí být provedena v souladu s platnými předpisy a normami odbornou firmou nebo proškoleným pracovníkem.

Vodič označený N-HDO je určen pro ovládání topného tělesa prostřednictvím HDO. Pokud toto připojení nebude využito, je nutné oba modré střední vodiče (N i N-HDO) spojit dohromady v přípojně krabicové svorkovnici nebo v rozvaděči.

Vodič označený OVLÁDÁNÍ (L) je určen pro ovládání topného tělesa prostřednictvím regulátoru topného systému. Tento vodič se propojí s fází spínanou regulátorem. V tomto případě je nutné na knoflíku termostatu nastavit vyšší teplotu, než je nastavena v regulátoru. Pokud toto připojení nebude využito, je nutné tento vodič spojit dohromady s fázovým vodičem L v přípojně krabicové svorkovnici nebo v rozvaděči.

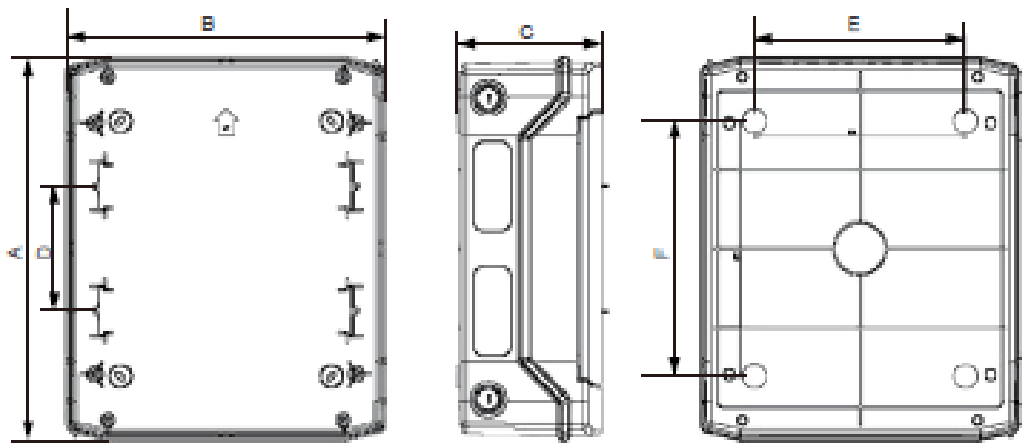
Příloha 7 – Manuál k rozvodnici PHS 4T od firmy Noark, str. 3, 4 [59]

B



1 – DIN lišta, 2 – svorkovnice, 3 – vrchní kryt rozvodnice, 4 – průhledná dvířka

C



	A	B	C	D	E	F	P _{tot}
PHS 4T	201mm	128mm	120mm	—	78mm	111mm	10W
PHS 8T	201mm	202mm	120mm	—	100mm	140mm	13W
PHS 12T	256mm	319mm	144mm	—	210mm	130mm	16W
PHS 24T	384mm	319mm	144mm	125mm	210mm	255mm	24W
PHS 36T	535mm	319mm	144mm	125mm	210mm	380mm	26W

Příloha 8 – technický list čerpadla Grundfos, str. 39 [61]

GRUNDFOS COMFORT SYSTEM

HOUSEHOLD HOT WATER

APPLICATIONS

Hot Water Recirculation: Grundfos Comfort system ensures that there is always hot water available when it is needed and prevents water wastage resulting from the draining of cold water.

The Grundfos Comfort system uses the cold water supply line as the "return-line" to the water heater. A Comfort pump is used to create a pressure differential that allows the cold water in the hot water supply line to by-pass (at low volume) into the cold supply line through a patented thermostatically controlled valve that is mounted under the sink furthest from the water heater.

Comfort pumps are suitable for solar hot water systems.

FEATURES

- Easy installation
- Instant hot water
- No waste of precious drinking water
- Energy effective pump with the built-in timer and thermostat (BUT model)



TECHNICAL FEATURES

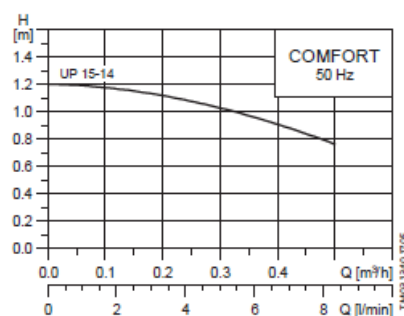
Comfort system including the Comfort UP15-14 BUT pump (with lead, timer and thermostat) and valve kit		
Voltage	V	240
P1	W	25
In	A	0.11
Enclosure & Insulation class	-	IP42/F
Pump port to port dimension	mm	80
Pump connection to pipe	-	1/2" F
Valve Connection	-	1/2" M
Net weight	kg	1.16



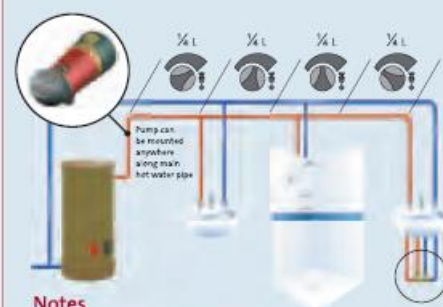
UP15-14 BUT pump with valve kit

2 YEAR WARRANTY

PERFORMANCE



INSTALLATION




Notes

- It is normal to experience a small volume of warm water at the cold tap closest to the Comfort System Valve.
- Set timer to operate 30 minutes before hot water demand and adjust thermostat accordingly.

■ Cold Water
■ Hot Water
L Length of hot water pipe

Příloha 9 – technický list sacího koše [62]

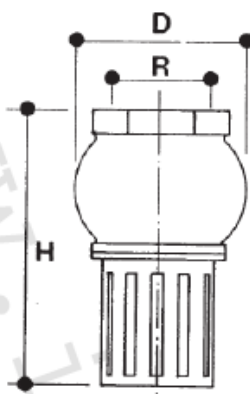
TECHNICKÝ LIST		IVAR·CS VODA TEPLOTA PLYN ČERPADLA																					
1) Výrobek:	SACÍ KOŠ SE ZPĚTNOU KLAPKOU																						
2) Typ:	FIV.08032																						
																							
3) Charakteristika použití:	<ul style="list-style-type: none"> • Pro instalace na sací potrubí čerpadel ve studních. • Zabraňuje nasání nečistot a zpětná klapka zajišťuje zavodnění sacího potrubí jako ochranu čerpadla proti chodu na sucho. • Splňuje požadavky směrnice 97/23/ES pro označení značkou CE. 																						
4) Tabulka s objednávacími kódy a základními údaji:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>KÓD</th><th>TYP</th><th>SPECIFIKACE</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I08032012</td><td>IVAR.08032</td><td>1/2"</td></tr> <tr> <td>I08032034</td><td>IVAR.08032</td><td>3/4"</td></tr> <tr> <td>I08032100</td><td>IVAR.08032</td><td>1"</td></tr> <tr> <td>I08032114</td><td>IVAR.08032</td><td>5/4"</td></tr> <tr> <td>I08032112</td><td>IVAR.08032</td><td>6/4"</td></tr> <tr> <td>I08032200</td><td>IVAR.08032</td><td>2"</td></tr> </tbody> </table>		KÓD	TYP	SPECIFIKACE	I08032012	IVAR.08032	1/2"	I08032034	IVAR.08032	3/4"	I08032100	IVAR.08032	1"	I08032114	IVAR.08032	5/4"	I08032112	IVAR.08032	6/4"	I08032200	IVAR.08032	2"
KÓD	TYP	SPECIFIKACE																					
I08032012	IVAR.08032	1/2"																					
I08032034	IVAR.08032	3/4"																					
I08032100	IVAR.08032	1"																					
I08032114	IVAR.08032	5/4"																					
I08032112	IVAR.08032	6/4"																					
I08032200	IVAR.08032	2"																					
5) Technické a provozní parametry:	<ul style="list-style-type: none"> • maximální provozní tlak PN 10 • maximální provozní teplota +80 °C • materiál: tělo mosaz CW617N dle UNI EN 12165, těsnění disku pryž 75 SH • provedení vnitřní závit F dle EN ISO 228/1 • dodávané rozměry 1/2" ÷ 2" • pro instalace do svislého potrubí 																						
FIV.08032_TL_02/2017 IVAR CS spol. s r.o., Velvarská 9-Podhořany, 277 51 Nelahozeves		www.ivarcs.cz																					

1/2

TECHNICKÝ LIST



6) Technický náčrtek s rozměry:



Rozměr	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"
D (mm)	32	45	50	60	69	82
H (mm)	58	77	85	93	105	118

7) Poznámka:

- Doporučené použití pro neagresivní tekutiny k slitinám měď (bronz – mosaz).

















8) Upozornění:

- Společnost IVAR CS spol. s r.o. si vyhrazuje právo provádět v jakémkoliv momentu a bez předchozího upozornění změny technického nebo obchodního charakteru u výrobků, uvedených v tomto technickém listu.
- Vzhledem k dalšímu vývoji výrobků si vyhrazujeme právo provádět technické změny nebo vylepšení bez oznámení, odchylky mezi vyobrazeními výrobků jsou možné.
- Informace uvedené v tomto technickém sdělení nezbavují uživatele povinnosti dodržovat platné normativy a platné technické předpisy.
- Dokument je chráněn autorským právem. Takto založená práva, zvláště práva překladu, rozhlasového vysílání, reprodukce fotomechanikou, nebo podobnou cestou a uložení v zařízení na zpracování dat zůstávají vyhrazena.
- Za tiskové chyby nebo chybné údaje nepřebíráme žádnou zodpovědnost.

Příloha 10 – katalogový list od firmy Sapho, str. 107 [63]

Zvolen model s označením 1209-04.

Vodovodní baterie **BIDETOVÉ SPRŠKY**

 <p>JS121 Ventil pro bidetové sprchy s hadicí 1200 mm 1 490,- / 55 €</p> <p>MOSAZ</p>	 <p>1209-03 Směšovací podomítkový ventil pro ventil JS121 s bidetovými sprchami mosaz/chrom 1 490,- / 55 €</p>	 <p>ukázka kompletu</p>	
 <p>1209-02 Bidetová sprcha s držákem bez sprchové hadice mosaz/chrom 995,- / 36 €</p> <p>MOSAZ</p>	 <p>JS129 Bidetová sprcha s držákem bez sprchové hadice mosaz/chrom 995,- / 36 €</p> <p>MOSAZ</p>	 <p>12327205017 Bidetová sprcha DELUXE s držákem bez sprchové hadice ABS/chrom 415,- / 15,10 €</p>	 <p>BS129 Bidetová sprcha hranatá bez držáku bez sprchové hadice mosaz/chrom 1 290,- / 48 €</p> <p>MOSAZ</p>
	<p>1209-05 Umyvadlová baterie s bidetovou sprchou včetně hadice a úchytu na stěnu (viz. 1209-04) mosaz*/chrom 2 290,- / 85 € *bidetová sprcha ABS</p>	 <p>SG107 Bidetová sprcha s ventilem včetně hadice a držáku bezpečnostní pojistka mosaz/chrom 3 790,- / 138 €</p> <p>novinka</p>	 <p>SG108 Bidetová sprcha s ventilem včetně hadice a držáku bezpečnostní pojistka mosaz/chrom 4 090,- / 149 €</p> <p>novinka</p>
	<p>1209-07 Podomítková baterie s bidetovou spškou včetně hadice mosaz/chrom 5 990,- / 218 €</p>		<p>1102-07 Podomítková baterie s bidetovou spškou včetně hadice mosaz/chrom 6 590,- / 239 €</p>
	<p>1209-04-B Dvojventil pro napojení bidetové spršky a WC balení neobsahuje sprchovou a flexibilní hadici mosaz/chrom 990,- / 36 €</p> <p>novinka</p>		<p>1209-04 Bidetová sprcha s dvojventilem pro napojení vody na WC nádržku hadice 1150 mm, držák mosaz/chrom 1 590,- / 58 €</p>
	<p>Možnost instalace bidetové spršky s podomítkovou baterií.</p>		<p>Lze použít i jako hydroštetku na čištění WC mise.</p>

 Podomítkové baterie obsahují podomítkové těleso (součást balení).
Po použití doporučujeme uzavřít ventil bidetové spršky. Stop ventil na spršce slouží k okamžitému spuštění vody.
K bidetovým sprškám doporučujeme hadici FLEX100 str. 126.

Příloha 11 – Katalogový list modulárních přístrojů firmy OEZ [64]

A) Proudový chránič LFE – str. 55, 56, 57

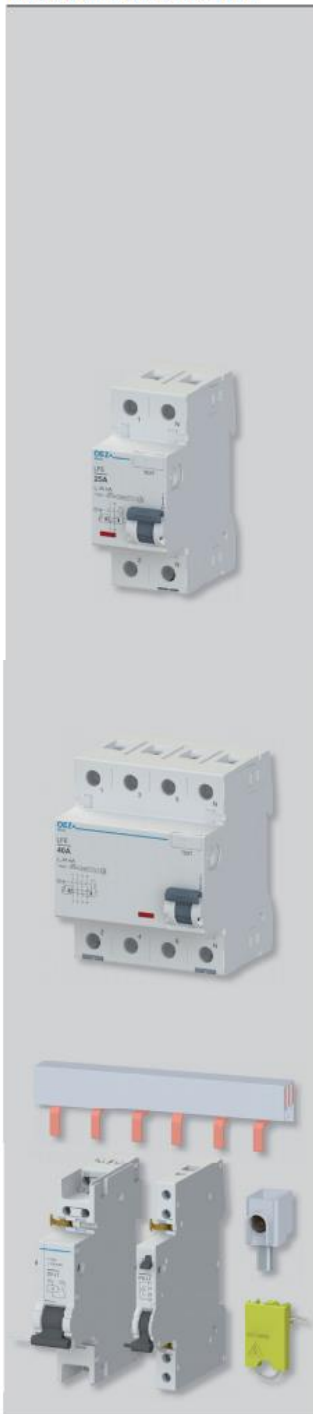
OEZ[▲]

LFE

Proudové chrániče

Minia

PROUDOVÉ CHRÁNIČE LFE



- Proudové chrániče s podmíněným zkratovým proudem 6 kA.
- Reagují na sinusové střídavé reziduální proudy (typ AC).
- Pro ochranu:
 - před nebezpečným dotykem živých částí ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA)
 - před nebezpečným dotykem neživých částí
 - před vznikem požáru nebo zkratu při snížené izolační schopnosti elektrických zařízení ($I_{\Delta n} \leq 300$ mA)
- Montáž/demontáž na/z „U“ lišty: západky umožňují provést velice rychle montáž a demontáž, a to rukou bez nutnosti použít nástroje.
- Pracovní teplota okolí pro všechny provedení je již od -25°C do $+45^\circ\text{C}$.
- Vybaveny ukazatelem stavu přístroje.
- Široký sortiment příslušenství - pomocné a signalizační spínače, podpětové a napětové spouště, propojovací lišty atd.
- Možnost uzamknutí a zaplombování v zapnuté nebo vypnuté poloze.
- Možnost propojení s jističi LTE, LTN propojovacími lištami nahore i dole.
- N-pól u proudových chráničů při zapínání zapíná dříve a při vypínání vypíná později než ostatní póly.
- Testování proudových chráničů se provádí jednou za půl roku.

Proudové chrániče 2pólové, typ AC

- Standardní typ pro běžné použití v domovních a bytových instalacích do 40 A, AC 230 V.
- Odolnost proti rázovému proudu 250 A (8/20 μs).

$I_{\Delta n}$ [mA]	I_n [A]	Typ	Objednávací kód	Počet modulů	Hmotnost [kg]	Balení [ks]
30	25	LFE-25-2-030AC	OEZ-42389	2	0,219	1
	40	LFE-40-2-030AC	OEZ-42390	2	0,240	1
300	25	LFE-25-2-300AC	OEZ-42393	2	0,214	1
	40	LFE-40-2-300AC	OEZ-42394	2	0,212	1

Proudové chrániče 4pólové, typ AC

- Standardní typ pro běžné použití v domovních a bytových instalacích do 80 A, AC 230/400 V.
- Odolnost proti rázovému proudu 250 A (8/20 μs).

$I_{\Delta n}$ [mA]	I_n [A]	Typ	Objednávací kód	Počet modulů	Hmotnost [kg]	Balení [ks]
30	25	LFE-25-4-030AC	OEZ-42395	4	0,389	1
	40	LFE-40-4-030AC	OEZ-42396	4	0,375	1
	63	LFE-63-4-030AC	OEZ-42397	4	0,425	1
	80	LFE-80-4-030AC	OEZ-42398	4	0,424	1
300	25	LFE-25-4-300AC	OEZ-42402	4	0,375	1
	40	LFE-40-4-300AC	OEZ-42403	4	0,375	1
	63	LFE-63-4-300AC	OEZ-42404	4	0,389	1
	80	LFE-80-4-300AC	OEZ-42405	4	0,410	1

Příslušenství

Pomocné a signalizační spínače	PS-LT, SS-LT	str. B32
Napětové spouště	SV-LT	str. B33
Podpětové spouště	SP-LT	str. B33
Uzamky/vložky	OD-LT-VU02	str. B34
Propojovací lišty	S1L, S2L, S2L+N, S3L, S3L+N, S3L+...FI-... ¹⁾ , S4L	str. B40
Připojovací nástavec	AS-S0-S-AL01	str. B42

¹⁾ Pro propojení chrániče s řadou jističů, kde je potřeba, aby řada jističů začínala u N-pólu chrániče

Minia





LFE

Proudové chrániče

OEZ¹

PROUDOVÉ CHRÁNIČE LFE

Parametry

Typ	LFE...-2	LFE...-4
Normy	ČSN EN 61008-1 ČSN EN 61008-2-1 ČSN EN 61543	ČSN EN 61008-1 ČSN EN 61008-2-1 ČSN EN 61543
Certifikační značky		
Počet pólů	2	4
Typ	AC 	AC 
Jmenovitý proud	I_n 25, 40 A	25, 40, 63, 80 A
Jmenovitý reziduální proud	$I_{\Delta n}$ 30, 300 mA	30, 300 mA
Jmenovité pracovní napětí	U_n AC 230 V	AC 230/400 V
Min. provozní napětí (pro funkci testovacího tlačítka)	U_{nmin} AC 195 V	AC 195 V
Maximální provozní napětí	U_{nmax} AC 250 V	AC 250/440 V
Jmenovitý kmitočet	f_n 50 Hz	50 Hz
Jmenovitý podmíněný zkratový proud	I_{cs} 6 kA (viz tabulka níže)	6 kA (viz tabulka níže)
Jmenovitá zapínací a vypínací schopnost	I_{ca} 500 A	800 A
Rázová odolnost	250 A	250 A
Mechanická trvanlivost	> 10 000 cyklů	> 10 000 cyklů
Elektrická trvanlivost	> 10 000 cyklů	> 10 000 cyklů
Krytí - s připojenými vodiči	IP20	IP20
Montáž na „U“ lišty podle ČSN EN 60715 - typ	TH 35	TH 35
Připojení		
Vodič - tuhý (plný, sláněný) ¹⁾	0,75 + 35 mm ²	0,75 + 35 mm ²
Vodič - ohebný ¹⁾	0,75 + 25 mm ²	0,75 + 25 mm ²
Typ hlavy šroubu	PZ2	PZ2
Dotahovací moment	2,5 + 3 Nm	2,5 + 3 Nm
Přívod shora nebo zespodu	shora/zespodu	shora/zespodu
Pracovní podmínky		
Teplota okolí	-25 + +45 °C	-25 + +45 °C
Pracovní poloha	libovolná	libovolná
Klimatická odolnost (ČSN EN 60068-2-30)	28 cyklů (55 °C, 95 % relativní vzdušná vlhkost)	28 cyklů (55 °C, 95 % relativní vzdušná vlhkost)

¹⁾ Detailní připojení vodičů viz tabulka na str. C5

Jištění proudových chráničů

A) Jištění proti zkratu

Z principu funkce nelze proudový chránič použít k jištění proti zkratu. K jištění obvodu musí být použit pojistka nebo jistič, které spolehlivě vypnou zkratovaný obvod. Proudový chránič musí vydržet pouze průchod zkratového proudu. Velikost maximálního průchozího zkratového proudu označujeme jako jmenovitý podmíněný zkratový proud I_{cs} . Následující tabulky uvádí jmenovitý podmíněný zkratový proud v závislosti na max. předřazené pojistce a jističi.

Jmenovitý podmíněný zkratový proud s předřazenou pojistkou

Provedení	I_n [A]	Max. předřazená pojistka gG	Jmenovitý podmíněný zkratový proud I_{cs} [kA]
2pólové	25 + 40	63 A	6 kA
4pólové	25 + 40	80 A	6 kA
	63 + 80	100 A	6 kA

Jmenovitý podmíněný zkratový proud s předřazeným jističem

Proudový chránič	Předřazený jistič	Jmenovitý podmíněný zkratový proud I_{cs} [kA]
LFE	LTE, LTN, LVN $I_{nmax} \leq I_{cs}$	6 kA

B) Jištění proti přetížení

Jištění chráničů proti přetížení je možné jak pojistkami, tak i jističi při dodržení následujících podmínek:

- jmenovitý proud pojistky musí být o stupeň menší než jmenovitý proud proudového chrániče $I_{npojistky} \leq I_{nchrániče}$
- jmenovitý proud jističe musí být roven nebo menší než jmenovitý proud proudového chrániče $I_{npojistky} \leq I_{nchrániče}$

Ztrátové výkony P

Provedení	I_n [A]	Jmenovitý reziduální proud $I_{\Delta n}$ [mA]	
		30	300
2pólové	25+40	2,6 W/pól	1,5 W/pól
4pólové	25+80	3,9 W/pól	3,9 W/pól

C4

OEZ[▲]

LFE

Proudové chrániče

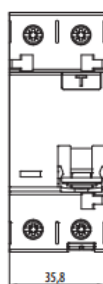
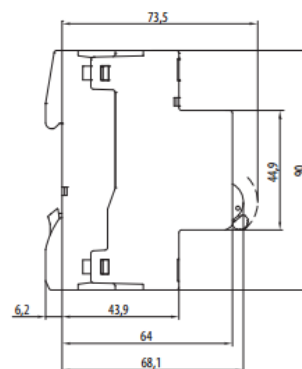
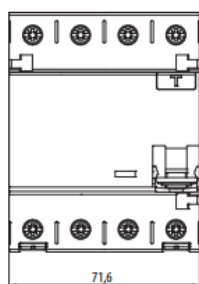
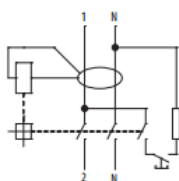
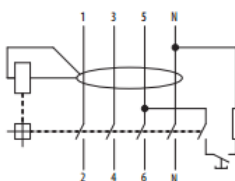
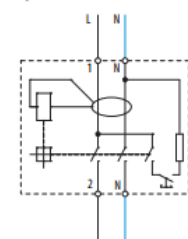
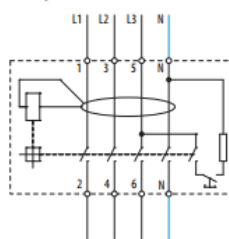
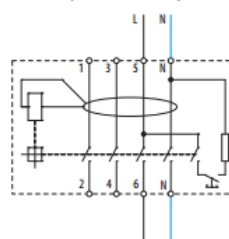
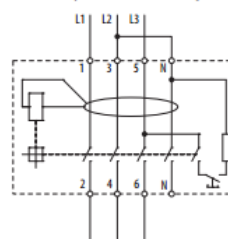
Minia

PROUDOVÉ CHRÁNIČE LFE**Rozsah připojení**

Počet připojených vodičů	Tuhý vodič (plný, slané)	Ohebný vodič s dutinkou	Ohebný vodič bez dutinky ¹⁾
1x vodič	1x (0,75 + 35) mm ²	1x (0,75 + 25) mm ²	1x (1 + 35) mm ²
2x vodič	2x (0,75 + 10) mm ²	2x (0,75 + 4) mm ²	2x (1 + 4) mm ²
1x vodič + propojovací lišta	1x (10 + 25) mm ² + propojovací lišta tloušťka kolíků max. 1,5 mm	1x (6 + 16) mm ² ²⁾ + propojovací lišta tloušťka kolíků max. 1,5 mm	-

¹⁾ Vodič musí být před vložením do svorky upraven zkroucením, ze svorky nesmí vyčnívat jednotlivá vlákna vodiče²⁾ V případě použití dutinky bez plastového límce: vodič 1x (6 + 25) mm²

Při použití více vodičů musí být použity vodiče stejného typu a průřezu

Rozměry**LFE...-2****LFE...-4****Schéma****LFE...-2****LFE...-4****Zapojení****Standardní zapojení 2pólového proudového chrániče LFE****Standardní zapojení 4pólového proudového chrániče LFE****4pólový proudový chránič LFE v 1fázových obvodech s N-pólem****4pólový proudový chránič LFE ve 3fázových obvodech bez N-pólu**

C5 ◀

B) Jistič LTE – str. 10, 11, 14

Minia

LTE

jističe

OEZ▲

JISTIČE LTE



- Řada jističů do 63 A, AC 230/400 V a DC 72 V/pól.
- Vypínací charakteristiky B, C dle ČSN EN 60898-1.
- K jštění kabelů a vodičů proti přetížení a zkratu.
- Vypínací schopnost 6 kA.

Jističe 1pólové

I _n [A]	Charakteristika B		Charakteristika C		Počet modulů	Hmotnost [kg]	Balení [ks]
	Typ	Objednací kód	Typ	Objednací kód			
2	LTE-2B-1	OEZ-41874	LTE-2C-1	OEZ-41887	1	0,166	12
4	LTE-4B-1	OEZ-41875	LTE-4C-1	OEZ-41888	1	0,172	12
6	LTE-6B-1	OEZ-41876	LTE-6C-1	OEZ-41889	1	0,174	12
10	LTE-10B-1	OEZ-41878	LTE-10C-1	OEZ-41891	1	0,171	12
13	LTE-13B-1	OEZ-41879	LTE-13C-1	OEZ-41892	1	0,165	12
16	LTE-16B-1	OEZ-41880	LTE-16C-1	OEZ-41893	1	0,172	12
20	LTE-20B-1	OEZ-41881	LTE-20C-1	OEZ-41894	1	0,162	12
25	LTE-25B-1	OEZ-41882	LTE-25C-1	OEZ-41895	1	0,171	12
32	LTE-32B-1	OEZ-41883	LTE-32C-1	OEZ-41896	1	0,165	12
40	LTE-40B-1	OEZ-41884	LTE-40C-1	OEZ-41897	1	0,177	12
50	LTE-50B-1	OEZ-41885	LTE-50C-1	OEZ-41898	1	0,186	12
63	LTE-63B-1	OEZ-41886	LTE-63C-1	OEZ-41899	1	0,187	12

Jističe 2pólové

I _n [A]	Charakteristika B		Charakteristika C		Počet modulů	Hmotnost [kg]	Balení [ks]
	Typ	Objednací kód	Typ	Objednací kód			
2	-	-	LTE-2C-2	OEZ-41913	2	0,340	6
4	-	-	LTE-4C-2	OEZ-41914	2	0,331	6
6	LTE-6B-2	OEZ-41902	LTE-6C-2	OEZ-41915	2	0,333	6
10	LTE-10B-2	OEZ-41904	LTE-10C-2	OEZ-41917	2	0,331	6
13	LTE-13B-2	OEZ-41905	LTE-13C-2	OEZ-41918	2	0,338	6
16	LTE-16B-2	OEZ-41906	LTE-16C-2	OEZ-41919	2	0,315	6
20	LTE-20B-2	OEZ-41907	LTE-20C-2	OEZ-41920	2	0,305	6
25	LTE-25B-2	OEZ-41908	LTE-25C-2	OEZ-41921	2	0,334	6
32	LTE-32B-2	OEZ-41909	LTE-32C-2	OEZ-41922	2	0,338	6
40	LTE-40B-2	OEZ-41910	LTE-40C-2	OEZ-41923	2	0,337	6
50	LTE-50B-2	OEZ-41911	LTE-50C-2	OEZ-41924	2	0,368	6
63	LTE-63B-2	OEZ-41912	LTE-63C-2	OEZ-41925	2	0,357	6

Jističe 3pólové

I _n [A]	Charakteristika B		Charakteristika C		Počet modulů	Hmotnost [kg]	Balení [ks]
	Typ	Objednací kód	Typ	Objednací kód			
2	-	-	LTE-2C-3	OEZ-41939	3	0,483	4
4	-	-	LTE-4C-3	OEZ-41940	3	0,483	4
6	LTE-6B-3	OEZ-41928	LTE-6C-3	OEZ-41941	3	0,473	4
10	LTE-10B-3	OEZ-41930	LTE-10C-3	OEZ-41943	3	0,482	4
13	LTE-13B-3	OEZ-41931	LTE-13C-3	OEZ-41944	3	0,504	4
16	LTE-16B-3	OEZ-41932	LTE-16C-3	OEZ-41945	3	0,481	4
20	LTE-20B-3	OEZ-41933	LTE-20C-3	OEZ-41946	3	0,484	4
25	LTE-25B-3	OEZ-41934	LTE-25C-3	OEZ-41947	3	0,484	4
32	LTE-32B-3	OEZ-41935	LTE-32C-3	OEZ-41948	3	0,495	4
40	LTE-40B-3	OEZ-41936	LTE-40C-3	OEZ-41949	3	0,506	4
50	LTE-50B-3	OEZ-41937	LTE-50C-3	OEZ-41950	3	0,506	4
63	LTE-63B-3	OEZ-41938	LTE-63C-3	OEZ-41951	3	0,516	4

Příslušenství

Pomocné a signalizační spínače	PS-LT, SS-LT	str. B32
Napětové spouště	SV-LT	str. B33
Podpětové spouště	SP-LT	str. B33
Uzamykací vložky	OD-LT-VU01, OD-LT-VU02	str. B34
Plombovací vložka	OD-LT-VP01	str. B34
Prepájovací lišty	S1L, S2L, S3L	str. B40
Připojovací nástavec	AS-S0-5-AL01	str. B42

B4


OEZ[▲]

LTE

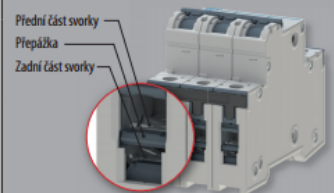
Jističe

Minia

JISTIČE LTE**Parametry**

Typ	LTE	
Normy	ČSN EN 60898-1	
Certifikační značky		
Počet pólů	1, 2, 3	
Vypínací charakteristiky	B, C	
Jmenovitý proud	I_n	2 ÷ 63 A
Jmenovité pracovní napětí	U_n	AC 230/400 V
Max. provozní napětí	U_{max}	AC 250/440 V, DC 72 V / jistěný pól
Min. provozní napětí (1 pól)	U_{min}	AC/DC 24 V
Jmenovité izolační napětí	U_i	AC 250/440 V
Jmenovitý kmitočet	f_n	50/60 Hz
Jmenovitá zkratová schopnost (ČSN EN 60898-1)	I_{sc}	AC 6 kA
Jmenovitá zkratová schopnost (ČSN EN 60898-2)	I_{sc}	DC 10 kA
Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost (ČSN EN 60947-2)	I_{sc}	AC 30 kA pro 0,3 ÷ 6 A AC 15 kA pro 8 ÷ 32 A AC 10 kA pro 40 ÷ 63 A DC 15 kA
Mechanická trvanlivost	10 000 cyklů	
Elektrická trvanlivost	10 000 cyklů	
Třída omezení energie	3	
Montáž na „U“ lišty podle ČSN EN 60715 - typ	TH 35	
Krytí - s připojenými vodiči	IP20	
Připojení		
Vodič	viz tabulka Rozsah připojení	
Typ hlavy šroubu	PZ2	
Dotahovací moment	max. 3,5 Nm	
Přívod seshora nebo zespodu	seshora/zespodu	
Pracovní podmínky		
Teplota okolí	°C	-25 ÷ +55 °C, max. 95 % vlhkost
Pracovní poloha	libovolná	
Klimatická odolnost (ČSN EN 60068-2-30)	6 cyklů	
Rázy (ČSN EN 60068-2-27)	m/s ²	150 za 11 ms pulznísinusový pulz
Odolnost vůči sinusovým vibracím (ČSN EN 60068-2-6)	m/s ²	50 při 25 ÷ 150 Hz a 60 při 35 Hz (4 s)

Rozsah připojení

			Typ a průřez vodiče pro zadní část svorky															
			Propojovací lišta	0,75 + 10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	0,75 + 6 mm ²	1 + 6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	1 + 2,5 mm ²	4 mm ²	0,75 + 6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	0,75 + 2,5 mm ²	4 mm ²	
Typ a průřez vodiče pro přední část svorky	1x vodič tuhý	0,75 + 16 mm ² 25 mm ² 35 mm ²	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✗	✓ ✗ ✗	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✗	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✗	✓ ✓ ✗	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✗	✓ ✓ ✗		
	2x vodič tuhý	0,75 + 10 mm ²	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	1x vodič ohebný ¹⁾	1 + 16 mm ² 25 mm ²	✓ ✓	✓ ✓	✗ ✗	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✗	✓ ✗	✓ ✓	✓ ✓		
	2x vodič ohebný ¹⁾	1 + 6 mm ²	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	1x vodič ohebný s dutinkou	0,75 + 16 mm ² 25 mm ²	✓ ✓	✓ ✓	✗ ✗	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✗ ✗	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓		
	2x vodič ohebný s dutinkou	0,75 + 6 mm ²	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

¹⁾ Vodič musí být před vložením do svorky upraven zkoušením, ze svorky nesmí vyčnívat jednotlivá vlákna vodiče

Při připojení dvou vodičů do jedné z úrovní svorky musí být použity vodiče stejného typu a průřezu

✓ uvedená kombinace připojení je možná

✗ uvedená kombinace připojení není možná

B5

Minia

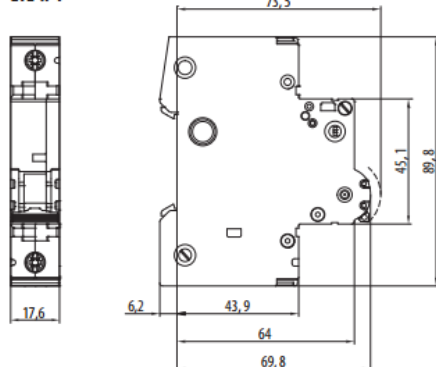
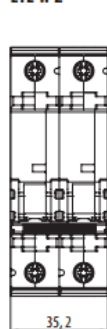
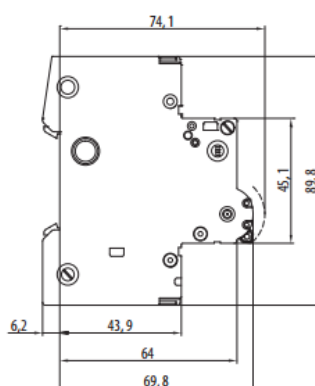
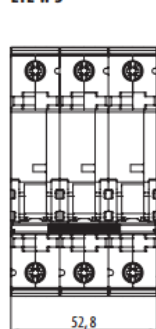
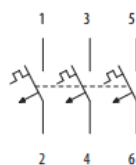
LTE

Jističe

OEZ▲

JISTIČE LTE**Spínání světelných obvodů s jističi**

Bližší informace o spínání svítidel se zářivkovým zdrojem světla a se zdroji světla HQ, HQI a NAV jsou uvedeny v části jističe LTN na straně B16.

Rozměry**LTE-...-1****LTE-...-2****LTE-...-3****Schéma****LTE-...-1****LTE-...-2****LTE-...-3**

Příloha 12 – Finanční náklady

Název dílu:	Cena za 1ks v Kč:	Počet kusů:	Celková cena v Kč:
Nerezový sud	3834	2	7668
Protiprašné víko na sud	405	1	405
Drátěný koš	1581	1	1581
Topné těleso s termostatem 2 kW	3933	1	3933
Čerpadlo	2690	1	2690
Bidetová sprška	1304	1	1304
Víko koše	390	1	390
Kolečka	182	4	728
Přítlačné kolečko	129	1	129
Ochranná guma (1 m)	28	6	168
Stavební izolační pás (1 m ²)	340	4	1360
Objímka 68-70	27	1	27
Vlnovec nerezový 1/2" (15 cm)	96	2	192
Napouštěcí hadice 1/2" (100 cm)	112	1	112
Mosazná průchodka 1/2x3/4"	111	1	111
Sací koš 1/2"	181	1	181
Kulový kohout vypouštěcí 1/2"	104	1	104
Kulový kohout 3/4"	120	2	240
Nátrubek 6/4"	206	1	206
Nátrubek 3/4"	79	2	158
Nátrubek 1/2"	68	3	204
Vsuvka 3/4"	27	2	54
Vsuvka 1/2"	16	5	80
Zátka 3/4"	24	2	48
Elektrická skříň	310	1	310
Stop tlačítko	1407	1	1407
Jistič 2 A	120	1	120
Jistič 10 A	64	1	64
Proudový chránič	700	1	700
Plech 1000x2000x5 mm; S235JR	2094,6	1	2094,6
Jekl 20x20x2 mm; S235JR (1 m)	31,08	8	248,64
Jekl 40x40x2 mm; S235JR (1 m)	66,4	7	464,8
Jekl 15x15x1 mm; 17240 (1 m)	90,8	1	90,8
Plech 1000x2000x1 mm; 17240	1887,1	1	1887,1
Jekl 20x10x1,5 mm; 17240 (1 m)	108,9	1	108,9
Tyč Ø 7 mm; 17240 (1 m)	43,4	1	43,4
Trubka Ø 10x1 mm; 17240 (1 m)	50,8	1	50,8
Trubka Ø 35x2 mm; 17240 (1 m)	234,7	1	234,7
Trubka Ø 40x2 mm; 17240 (1 m)	240,8	1	240,8
Celkem:			30138,54